PHILIPP FRANK

Çeviren:
Dilek Kadıoğlu

Bilim Felsefesi

Bilim ile Felsefe Arasındaki Bağ

say

Philipp Frank, 1884'te Viyana'da doğdu. Viyana'da fizik eğitimi aldı ve 1907'de, Ludwig Boltzmann'ın danışmanlığında teorik fizik alanında yaptığı doktorayı tamamladı. Philipp Frank, öğrencilik zamanlarından başlayarak bilim felsefesine ilgi duymuş ve sonradan Viyana Çevresi'ni oluşturacak olan öğrenci topluluğunun her perşembe gerçekleştirdiği toplantılara katılmıştır. Bu toplantılarda tartışılan öncelikli konu felsefenin içinde bulunduğu belirsizlik ve bulanıklıktan nasıl kurtarılabileceği, bilim ile felsefe arasındaki ilişkiye nasıl bir yaklaşım getirilebileceğiydi. Frank'ın 1907'de nedensellik üzerine yazdığı bir makalenin Einstein'ın ilgisini çekmesi sonucu ikisi arasında ömürleri boyunca sürecek bir dostluk başladı. Bu dostluğun başlamasından kırk sene sonra Frank, Einstein'ın biyografisini yazdı.

1910'da Viyana Üniversitesi'nde dersler vermeye başlayan Frank, 1912'de Prag Üniversitesi'nde çalışmaya başladı ve 1938'e kadar burada kaldı. 1938'de kurulan Nazi hükümetinin Viyana Çevresi üyelerine yaptığı politik baskılar sonucunda, Çevre'nin birçok üyesi gibi Frank da Amerika'ya göç etmek zorunda kaldı. Amerika'da Harvard Üniversitesi'nde çalıştı. Philipp Frank'ın, Avusturya-Amerika arasında sürdürdüğü çalışmalar ve yaptığı yayınlar matematiğin birçok alanı, fizik ve felsefe üzerine oldu. Yazar, 1966'da Massachusetts'te öldü.

Dilek Kadıoğlu, 1984'te Antakya'da doğdu. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Felsefe Bölümü'nden 2009'da mezun oldu. ODTÜ'de Felsefe yüksek lisansı ve London School of Economics'te Bilim Felsefesi yüksek lisansı yaptı. Şu anda Felsefe alanında doktora yapıyor. Genel olarak Bilim Felsefesi ve Bilim Tarihi, özel olarak Matematik Felsefesi ve Tarihi üzerine çalışmalar yapmaktadır.

BİLİM FELSEFESİ

Bilim ile Felsefe Arasındaki Bağ

Philipp Frank

İngilizceden çeviren:

Dilek Kadıoğlu

say

Say Yayınları
Referans Kitaplar

Bilim Felsefesi - Bilim ile Felsefe Arasındaki Bağ / Philipp Frank
Özgün adı: *Philosophy of Science - The Link Between Science and Philosophy*

Bu çeviride, İngilizce metnin "Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1962" edisyonu esas alınmıştır.

ISBN 978-605-02-0597-8
Sertifika no: 10962

İngilizceden çeviren: Dilek Kadıoğlu
Yayın koordinatörü: Levent Çeviker
Kapak tasarımı: Artemis İren
Sayfa düzeni: Mehmet İlhan Kaya

Baskı: Lord Matbaacılık ve Kâğıtçılık
Topkapı-İstanbul
Tel.: (0212) 647 93 54
Matbaa sertifka no: 22858

1. baskı: Say Yayınları, 2017

Say Yayınları
Ankara Cad. 22/12 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Tel.: (0212) 512 21 58 • Faks: (0212) 512 50 80
www.sayyayincilik.com • e-posta: say@sayyayincilik.com
www.facebook.com/sayyayinlari • www.twitter.com/sayyayinlari

Genel dağıtım: Say Dağıtım Ltd. Şti.
Ankara Cad. 22/4 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Tel.: (0212) 528 17 54 • Faks: (0212) 512 50 80
internet satış: www.saykitap.com • e-posta: dagitim@saykitap.com

İÇİNDEKİLER

3. Bölüm: Geometri: Bilime Bir Örnek

4. Bölüm: Hareket Yasaları

5. Bölüm: Hareket, Işık ve Görelilik

11. Bölüm: Nedensel Yasalar

12. Bölüm: Nedensellik İlkesi

13. Bölüm: Bilimin Bilimi

14. Bölüm: Kuramların Geçerlilik Kazanması

15. Bölüm: Yüksek Genelliğe Sahip Kuramlar

GİRİŞ

BİLİM FELSEFESİ NE İŞE YARAR?

1. Bilim ve Felsefe Arasındaki Uçurum

20. yüzyıl biliminin en yaratıcı akıllarını incelediğimizde, bunların en önemlilerinin bilim ve felsefe arasında yakından bir ilişkinin kaçınılmaz olduğunu şiddetle vurguladıklarını görürüz. Maddenin dalga kuramının yaratıcısı olan Prens Louis de Broglie (de Broglie dalgaları) şöyle demiştir:[1]

> 19. yüzyılda bilim insanları ve felsefeciler arasında bir ayrılık belirdi. Bilimciler felsefi spekülasyonlara kuşkuyla yaklaşmaya başladılar. Bunların çoğunlukla kesin ifadelerden yoksun olduklarını, çözümsüz ve boş meselelerle uğraştıklarını düşündüler. Buna karşılık filozoflar da, sonuçlarını sığ bulduklarından, artık bilimlerle ilgilenmiyorlardı. Gel gör ki bu ayrım hem filozofları hem de bilim insanlarını zarara uğrattı.

Kendini ciddi bilimsel araştırmalara adamış olan öğrencilerin işe yaramaz felsefi meseleleri umursamayacağını öğretmenlerden sıklıkla duyarız. Oysaki 20. yüzyıl fiziğinin en yaratıcı insanlarından biri olan Albert Einstein şöyle yazmıştır:[2]

> Kesin olarak söyleyebilirim ki, bir öğretmen olarak tanıştığım en kabiliyetli öğrenciler bilgikuramına derinden ilgi duymaktaydılar. "Kabiliyetli öğrenciler" derken kastettiğim yalnızca yetenek-

leriyle değil aynı zamanda bağımsız karar verme özellikleriyle de öne çıkanlardır. Bilimin ilksavları* ve yöntemleriyle ilgili tartışmalar başlatmayı severler ve fikirlerini savunmaktaki inatlarıyla bu mevzunun onlar için önemli olduğunu kanıtlarlardı.

Yaratıcı ve hayalperest akılların bilimin felsefi yönüne olan bu ilgisini anlamak, felsefi temellere doğru yapılan derin kazıların her zaman bilimdeki temel değişimlere eşlik ettiğini göz önünde bulundurmakla olur. Batlamyusçu sistemden Kopernikçi sisteme, Öklidci geometrilerden gayri-Öklidyen geometrilere, Newton mekaniğinden izafi mekaniğe ve dört boyutlu eğri uzaya geçiş gibi değişimler ortakgörümüzün dünya açıklamalarına köklü değişimler getirmiştir. Bütün bunları göz önünde bulundurursak, 20. yüzyıl bilimini yeterince anlamak isteyen bir kişi az denemeyecek miktardaki felsefi düşünceyi kavramak zorundadır. Ve kısa sürede anlayacaktır ki, tarihin hangi döneminde ortaya çıkmış olursa olsun, bilimi adamakıllı anlamak için izlenecek yol budur.

2. Bilim ve Beşeri Bilimler Arasındaki Eksik Halka

Günümüz medeniyeti toplumun farklı kesimlerinden gelen yazarları kaygılandıran bir tehdit altındadır: Bilimde hızla gelişmemize karşın beşeri meseleleri anlamaktaki başarısızlığımız; bir başka deyişle, bilim ve beşeri bilimler arasındaki, eski zamanlarda genel kültür köprüsüyle aşılan ama şimdi aşılamayan uçurum.[3]

Robert Hutchins,[4] "felsefe"nin üniversitelerimizdeki yerine dair notlarında genel kültür eğitiminin yavaş yavaş yok olmasını dramatik bir şekilde ifade etmiştir. Felsefe ve teoloji, 19. yüzyıl öncesi dönemlerin hepsinde, bütün yükseköğretim kurumlarında merkezi konular olarak yer alıyorlardı. Bilgi-

---

* Belit, aksiyom (çev.)

nin tüm dalları felsefe derslerinde verilen fikirlerle koordine edilmekteydi. 19. ve 20. yüzyıllarda "felsefe", mineraloji, Slav dilleri veya ekonomi bölümleri gibi bir bölüm haline geldi. Bilim insanlarının fikri sorulsaydı çoğu, "felsefe" bölümünün en önemsiz bölümlerden biri olduğunu söylerdi. Geleneksel eğitimde, bilim ve felsefeyi birbirine bağlaması gereken zincirde "eksik bir halka" vardır. Eğer insanın hayvanlar dünyasından geldiği varsayılırsa, böyle bir kuramı doğrulamak maymun ve insan, doğa ve akıl arasındaki "eksik halka"yı bulmakla olur. Hutchins şöyle yazar:[5]

> Yükseköğretimin amacı bilgeliktir. Bilgelik, ilkeleri ve sebepleri bilmektir. Bundan dolayı, metafizik en üstün bilgeliktir. ... Teolojiye başvuramadığımız yerde metafiziğe dönmeliyiz. Bir üniversite, teoloji ve metafizik olmadan var olamaz.

Açıkça ortaya koyuyor ki, bilimden bağımsız olarak varlığını sürdüren ve ebedi geçerliliği olan bir metafizik, anlamlı bir üniversite eğitiminin zorunlu esaslarından biridir. Felsefeyi ayrı bir bölüm durumuna düşürmektense, Hutchins'in şöyle bir tavsiyesi vardır:

> İdeal bir üniversitede öğrencinin izleyeceği yol en sondaki gözlemlerden en baştaki ilkelere doğru gitmez; aksine, ilk ilkelerden başlayıp onları anlamak için önemli olduğunu iddia ettiğimiz, yakın zamanda yapılmış gözlemlerimize doğru gider. ... Doğa bilimleri ilkelerini doğa felsefesinden türetir. Doğa felsefesi de metafiziğe dayanır. ... Metafizik ilk ilkeleri çalışır ve bütüne yayılır. ... Sosyal bilimler ve doğa bilimleri ona dayanır veya ondan sonra gelir.

Böyle bir eğitim anlayışı, açıkça görüldüğü üzere, bilimlerdeki gelişmelerden bağımsız olan ama kendilerinden doğa bilimleri ve sosyal bilimlerin önermeleri türetilebilen felsefi ilkelerin var olduğu inancına dayanır.

Böyle bir eğitim anlayışındaki sıkıntı, tabii ki, bahsi geçen daimi geçerlilikteki ilkeleri bulmaktır. Doğrusunu isterseniz, felsefi ilkelerin kalıcı geçerliliğini sağlamak ve güvence altına almak yalnızca dini veya laik otoriteler tarafından ya da ikisinin birlikteliğiyle sağlanabilir. Hiçbir üniversite eğitimi, öğretimin kontrolünü daimi olarak elinde tutan sorumlu bir otorite tarafından öyle olmasına karar verilmediği sürece, metafiziğe dayalı olamaz.

3. Aklın Dengeleyicisi Olarak Bilim

Her ne kadar değişmez bir metafizik seçeneği uygulanabilir görünmese de, Hutchins'in temel iddiası, yani ilkelere dayalı bir üniversite eğitimine olan ihtiyaç ile Alfred North Whitehead gibi açık fikirli bir filozof ve bilim insanının görüşleri uzlaşı halindedir. Whitehead'e göre:[6]

> Bir üniversitede genelleme ruhu egemen olmalıdır. Dersler, ayrıntılara ve izlenecek yollara aşina olanlara yönelik olmalıdır. En azından, ayrıntılar ve izlenen yollar önceden alınan eğitime benzerlikleriyle kolayca edinilebilir olmalıdır. Üniversite öncesinde, öğrenci sırasında başını eğip oturur; üniversitede ise ayağa kalkmalı ve etrafa bakmalıdır. ... Üniversitenin işlevi, ilkelere ulaşabilmek için, sizi ayrıntılardan sıyrılabilir hale getirmektir.

Fakat burada Whitehead'in "ilke" diyerek kastettiği, Hutchins'in her üniversitenin temeli olmak üzere tavsiye ettiği "kalıcı metafizik"in önermeleri değildir. Whitehead der ki: "Bir üniversitenin ideali, çok miktarda bilgiye dayanan güç değildir. Onun işi küçük bir çocuğun bilgisini bir yetişkinin gücüne dönüştürmektir." Bilimde öğrendiğimiz yönteme göre, olgulara dair bilgimizden genel ilkelere doğru ilerleriz. Herbert Dingle, 1947'de Londra Üniversitesi'nde felsefe ve bilim tarihi profesörü olarak yaptığı açılış konuşmasında "Bilimdeki Eksik Etmen" üzerine konuşmuştur.[7] Şöyle demiştir:

Bilimi uygulamakta şaşırtıcı bir şekilde maharetli olan bir neslin onu anlamakta bir o kadar aciz olması üzerine araştırma yapmayı kendime iş edindim. Ve bu konuda sizlere sunmak istediğim teze göre, bilimin bugün kendini içinde bulduğu çekingen olmayan ve kendiliğinden işleyen durumunun kaynağı, tarihi boyunca bilimsel hareketle birlikte çalışan ve eleştirinin çok eski zamanlardan beri edebiyat için oynadığı rolü veya en azından rollerden birini oynayan eleştirel bir okulun eksikliğidir.

Bilim, bir yanda yadsınamaz gerçekler, diğer yanda genel fikirlerle ilgilidir. Bilimin bize öğrettiği bu ikisi arasındaki bağıntıdır. Üniversitelerdeki eğitmenler öğrencilere öncelikle yadsınamaz gerçekleri soyut ilkelerle koordine etmenin olanağına duyulan ilgiyi vermelidir. Bu, üniversite eğitiminin en çekici konusudur. Bununla ilgili Whitehead şöyle der:[8]

Aklın dengesi, işlenmiş düşünceyi ele geçiren geleneğin bir parçası haline gelmiştir. O, hayatı tatlandıran tuzdur. Üniversitelerin asıl uğraşı bu geleneği yaygın bir miras olarak nesilden nesile aktarmaktır.

Fiziğin veya biyolojinin ilkelerini tam olarak anlamamız, yalnızca mantıksal uslamlamaları değil aynı zamanda psikolojik ve sosyolojik kanunları anlamamız, kısacası, fiziksel doğanın bilimini insan bilimi ile tamamlamamız gerekmektedir. Hutchins gibi insanların, değişmez metafizik dogmalarla ulaşmaya çalıştığı amaca deneysel bilimin yaptığı işi takip ederek ulaşmaya çabalamalıyız. Bilimin yalnızca kendisini değil, aynı zamanda uygarlığımızdaki yerini, etikle, politikayla ve dinle ilişkisini anlamak için doğa bilimlerini, felsefeyi ve beşeri bilimleri kapsayan tutarlı bir kavramlar sistemine ihtiyaç vardır. Bu tür bir sisteme "bilim felsefesi" denilebilir; bu sistem, sadece işin uzmanlarının başa çıkabileceği çok yıllık felsefelerin hiçbirine başvurmaya ihtiyaç olmadan, pozitif bilimler ve beşeri bilimler arasındaki "eksik halka"nın boşluğunu dolduracaktır.

Son yıllarda, bu "eksik halka"ya olan ihtiyaç üniversite öğrencileri arasında yaygın olarak hissedilmiştir. Harvard Öğrenci Konseyi'nin oluşturduğu bir komite 1942'de Nevadalı bir çocuğun Darthmouth Koleji'ne yazdığı bir mektubun alıntılandığı bir rapor yayımladı. Mektup şöyle diyordu:

> Özgür bir eğitimin, doğanın bütününün onu bir arada tutan ilişkileri kapsayan bir resmini vermesi gerektiğine inanıyoruz ve bu resim insanı da gözlemci olarak içermelidir. ... Özgür bir eğitimden, olgulara dayanan gerçek bir bilgi felsefesi bekliyoruz. ... İyi bir öğretmen kendi dersi ile diğer dersler arasındaki ilişkiyi gösterebilir.

4. Bilim İnsanı "Bilgili Cahil"* midir?

Ralph Waldo Emerson,[9] yaklaşık yüz yıl önce pozitif bilimler ve beşeri bilimler arasında bugün olan uçurumun kökenini bilim öğretiminin insana çekici gelmiyor olmasında buldu. Ve şöyle yazdı:

> İnsana uzak olmanın bir bedeli vardır. Bilim nasıl bir insani tepkiye sebep olur? Çocuklarda ilgi uyandıramaz. Derler ki: Ben öğretmenim gibi bir insan olmak istemiyorum.

Felsefe, tarih veya din öğretmenlerinin ortalama üniversite öğrencisinin entelektüel ve duygusal yapısı üzerinde matematik veya kimya öğretmenlerinden daha etkili olduğuna pek şüphe yoktur.

Çok dar alanlarda uzmanlaşan ve toplum tarafından göklere çıkarılan bilim insanlarının Batı kültürü için büyük bir tehlike kaynağı olabileceği birçok yazar tarafından vurgulanmıştır. Aralarında bu konuyu en yerinde ve açık seçik şekilde betimleyen yazarlardan biri İspanyol filozof Ortega y Gasset'tir.[10] *Kitlelerin Ayaklanması* adlı kitabında bilim insanı için

---

* Learned Ignoramus (çev.)

der ki: "Bilimin kendisi –medeniyetimizin kaynağı– onu kendiliğinden bir kitle insanına dönüştürür; onu ilkel, modern bir barbara dönüştürür." Diğer taraftan, bilim insanı 20. yüzyıl kültürünün en uygun temsilcisidir; "Avrupalı insanoğlunun doruk noktasıdır." Ama yine de, Gasset'e göre, bugün ortalama bir eğitim almış bilim insanı

> kendi uzmanlık alanına girmeyen ve özel olarak "bil"mediği her konuda cahildir. Ona *bilgili cahil* demekten başka bir seçeneğimiz yoktur ve bu çok hassas bir konudur. Bahsi geçen cehalet, cahil insanın cehaleti değil, eğitimli olanın bütün huysuzluğuyla sahip olduğu cehalettir.

Yazarımıza göre bilimsel araştırma basmakalıp entelektüellerin önemli sonuçlara ulaşmalarına ve kendilerinden gereğinden fazla memnun olmalarına olanak sağlayacak şekilde örgütlenmiştir.

> Fizik veya biyolojide yapılmak zorunda olan işlerin büyük çoğunluğu hemen hemen herkes tarafından yapılabilecek mekanik işlerdir. Haddi hesabı olmayan sayıda araştırmayı gerçekleştirebilmek için bilimi ufak bölümlere ayırıp bunlardan birine dahil olmak ve kalanların hiçbiri üzerine düşünmemek... Verimli sonuçlara ulaşmak için bunların anlamları veya kaynaklarını ayrıntılı kavramaya gerek bile yoktur.

José Ortega y Gasset'ten yapılan bu alıntı, tabii ki, Newton veya Darwin, Einstein veya Bohr gibi insanların bilimsel çalışmalarını tasvir etmez; fakat "felsefe bilimini temizleme"nin amaçlandığı ve bilim eğitiminde kesin bir usulün izlendiği okul kitaplarında ve sınıflarda tanıtılan "bilimsel yöntem"i oldukça iyi tanımlar. Aslına bakarsanız, bilimdeki büyük gelişmeler, sınır duvarlarını yıkmakla ortaya çıkmış ve anlam ile temeli önemsememek yalnızca gelişmeden yoksun zamanlarda hüküm sürmüştür.

Eğer günümüz toplumunda muazzam roller oynayan bilim insanlarının bir bilgili cahiller sınıfına dönüşmesi istenmiyorsa, bu insanların eğitimi kendini sadece teknik yaklaşımlarla sınırlamamalı ve bilimin insanın genel düşünce alanı içindeki felsefi yönüne ve yerine pürdikkat kesilmelidir.

5. Bilime Duyulan Teknolojik ve Felsefi İlgi

Bilimdeki gelişmelerin yarattığı heyecan her zaman insan hayatını daha hoş veya nahoş hale getirmek için icat edilen televizyon veya atom enerjisi gibi teknolojik yeniliklerden doğmamıştır. Dünyamızın uzayda hareket halinde olduğunu söyleyen Kopernikçi sistemin getirdiği dünya tanımı, insanın günlük hayatta hareket ve hareketsizliği betimlemek için geliştirdiği ortakgörü kavramlarıyla ifade edilemezdi. Newton mekaniğinin yürürlüğe koyduğu "kuvvet" ve "kütle" kavramları da bu kelimelerin ortakgörüdeki anlamlarıyla uzlaşmıyordu. Ancak bu yeni kuramlar, küçük bir bilim insanı ve filozof grubunun ötesinde heyecan yarattı; bunlara duyulan ilgi birçok teknik gelişmeye duyulan ilgiyi gölgede bıraktı.

Bu olay, entelektüel tarihte tekrar tekrar meydana gelmiştir. Bu yüzyılın ilk çeyreğinde eğitim gören her insan, Einstein'ın Görelilik Kuramı'nın duyurulmasının yarattığı heyecana tanık olmuştur. Asırlar boyunca uzay ve zamandaki mesafelere dair tecrübelerimizi tarif etmekte bize hizmet eden ortakgörü kavramlarımız bu kuramla başa çıkamaz. Benzer şekilde, atom ve atomaltı parçacıkların davranışlarıyla uğraşan kuram da (Kuantum Teorisi), ortakgörünün hız ve konum, etki-tepki, özgürlük ve determinizm kavramlarıyla ifade edilemez. Görüldüğü üzere, tarihin tüm dönemlerinde bilimsel gelişme ortakgörünün doğayı yorumlaması üzerinde güçlü bir etkiye sahip olmuştur. Bu etkinin bilime karşı uyandırdığı ilginin ise, bilimsel gelişmenin teknik ilerleme üzerine

yaptığı etki sonucunda bilime karşı oluşan ilgiden aşağı kalır yanı yoktur.

Teknolojik uygulamalardan dolayı değil de ortakgörünün dünya tasavvuru üzerindeki etkisinden dolayı bilime duyulan ilgiye özetle "felsefi" ilgi diyebiliriz. Yükseköğretimde verilen bilim eğitimi çoğunlukla bu felsefi ilgiyi görmezden gelmiştir; hatta bilimi felsefi yönünden tamamen arınmış bir şekilde vermeyi öğretmenlerin görevlerinden biri olarak kabul etmiştir. Bu şekilde eğitim verilmesinin sonucu olarak, bilim öğretenlerin toplumun diğer üyeleri arasındaki yeri beklenildiği kadar iyi olmamaya başlamıştır. Kültürel meseleleri konu edinen dergi yazılarında ve her mezhepten kiliselerin kürsülerinde 20. yüzyıl biliminin, bilim ile dinin uzlaştırılması, maddeciliğin* çürütülmesi, istencin özgürlüğüne olan inancın ve ahlaki sorumluluğun yeniden kazanılması gibi çok önemli insani sıkıntıların çözümüne büyük katkıda bulunduğu iddia edilmiştir. Oysaki başka çevrelerde çağımız biliminin maddeciliği veya göreliliği** desteklediği ve mutlak doğru ile ahlaki değerlere olan inancı yavaş yavaş yok ettiği iddia edilmiştir. Bu iddiaları kanıtlamak için, Görelilik Kuramı ve Kuantum Teorisi gibi çağdaş fizik teorilerinin yardımına başvurulmuştur.

Fizik alanında eğitim görmüş bir insana (mühendislik bölümü mezunlarından bahsetmiyorum bile) bu konularla ilgili görüşlerini sorduğumuz zaman, fizik eğitiminin ona herhangi bir karar verme yeteneği sağlamadığının çabucak farkına varırız. Hatta yükseköğretimini bilim alanında yapan biri popüler bilim dergilerinin dikkatli bir okurunun yanında bazı durumlarda aciz kalacaktır. Fizik ve mühendislik alanlarında diploma sahiplerinin çoğu üstünkörü bir cevaptan fazlasını

---

* Materyalizm (çev.)

** Rölativizm (çev.)

veremeyeceklerdir; dahası bu verdikleri yüzeysel cevap, aldıkları mesleki eğitimin değil, gazeteler ve başka süreli yayınlardan okudukları popüler makalelerden edindiklerinin bir sonucu olacaktır. Bununla beraber, çoğu üstünkörü bir cevap verme riskini bile almayacak ve yalnızca, "Bu benim alanım değil, konuyla ilgili söyleyeceğim bir şey yok," diyeceklerdir. Eğer entelektüel merak bilim öğretmeni tarafından tatmin edilmezse, aç olan öğrenci ruhunu doyurmak için elinin altında hangi kaynak varsa onu kullanacaktır. İyimser düşünürsek, iyi bir popüler dergiye başvuracaktır ama durum bundan daha kötü olabilir ve öğrenci bilimi kendi ideolojilerine hizmet edecek şekilde yorumlayan insanların kurbanı olabilir ki bu ideolojiler çoğunlukla bilim dışıdır. Bu insanlara göre çağımızın fizik teorileri "rasyonel düşünmeyi bir tarafa bırakmışlardır". Bunun yerine ne koymuş olabileceklerini tam olarak bilmiyorum çünkü bilimde rasyonel düşüncenin yerini alabilecek başka bir seçenek hayal edemiyorum.

Size çelişkili gelebilir ama felsefi mevzuların saf dışı bırakılması bilim insanlarını çoğunlukla geçmişte kalmış felsefelerin esiri yapmıştır. Felsefi düşünceye yoğunlaşan bilim insanları bilim öğretimindeki "soyutlama yanlısı" tavrın sonuçlarını sık sık eleştirmişlerdir. Her çocuk aldığı eğitimle dünyanın ortakgörüye dayalı bir tasvirine, özetle bir "felsefe"ye ulaşır. "Hareketsizlik ve hareket", "zaman ve uzay", "madde ve akıl", "etki ve tepki" gibi kelimeleri nasıl kullanacağını öğrenir. Bu kelime dağarcığı, çocukların davranışlarını kontrol altında tutan "yapılacaklar ve yapılmayacaklar"ı ifade etmekte kullanılan kelime dağarcığıyla yakından ilişkilidir. Çocukluk ve ilk gençlikte edinilen bu felsefe, yetişkin bilim insanının "uzman" olmadığı tüm alanlarda onun ortakgörü inancı olmaya devam eder. Konu bilime gelince ise bu "ortakgörü felsefesi" yerine daha eleştirel bir felsefe konulmuş ve ortakgörü dili terkedilmiştir. Göze çarpan örneklerden biri, "hareketsiz-

lik ve hareket"e dair konuşurken kullanılan kavramsal çerçevenin, Kopernik ile başlayıp günümüzde Einstein ve Bohr gibi insanların çalışmalarıyla devam eden değişimidir.

6. Bilim İnsanlarının Yazılarındaki Geçmişten Kalma Felsefeler

Bilim alanında, felsefeden koparılmış bir eğitim gören öğrenciler "çift kişilik"li, başka bir ifadeyle, bilimsel düşünceleri ve çocukluk felsefeleri arasındaki karşıtlıktan dolayı bir tür şizofreni sahibi olurlar. Bu durumu, hem bilimin hem de felsefenin büyük isimlerinden biri olan Alfred North Whitehead'den daha anlaşılır ifade edene pek rastlanmaz. Whitehead, bilimde çok küçük değişimlerin olduğu dönemlerde, bazı temel ilkelerin uzunca bir süre sorgulanmadığı ve pek de eleştirilmeden kabul edilebildiğini not düşerek başlar.[11] Der ki:

> Üstyapı "işlemek"te olduğu sürece bilimsel ifadeleri eleştirmekten kaçınmak akla yatkındır (kısa bir hayatı idare etmek için kullanışlı bir kılavuz olarak). Fakat fikirlerin yeniden biçimlendirilmesinde felsefeyi yok saymak, bir bakıcıdan veya öğretmenden ya da güncel bir ifade biçiminden alınmış felsefi önyargıların tesadüfi olduklarını göremeyip doğru olduklarını varsaymaktır.

Burada Whitehead'in "tesadüfi bir felsefe"nin sözünü etmesinin sebebi, çocuklukta hangi felsefeyi edineceğimizin doğduğumuz tarihe bağlı olmasıdır. Whitehead, bu "felsefe"-yi belirleyen etmenleri çok doğru bir şekilde sıralar: Okul öncesi eğitim, okul ile kilise okulu ve hatta eğitim dilinin kelime hazinesi ile sözdizimi. Whitehead'e göre hiç sorgulamadan çocukluklarının tesadüfi felsefesine bağlı kalan bilim insanlarının tavrı ile din alanı arasında bir analojisi kurulabilir: "Onları dinsel arayışların bocalamalarından doğru inançta doğmuş olmanın mutluluğuyla koruduğu için ilahi takdire müteşekkir olanlar"ın tavrı.

Çocukluk felsefesinin bilimsel düşüncedeki değişimlere rağmen sürdürülmesi sık rastlanan bir durum olduğundan, bilimsel işlerin aktarılmasında bu eskimiş felsefelerin kalıntılarına rastlanması da yaygın bir durumdur. Her ne kadar ikisi çok farklı görüşleri savunuyor olsalar da, yine Whitehead gibi hem bilim hem de felsefenin içinde olan Ernst Mach'ın bu konuda çok ciddi eleştirileri vardır. Bu filozoflar eleştirel bir felsefenin eksikliğinde, bilimin terk edilmiş felsefelerin aracı haline geleceği iddiasında tamamen hemfikirdiler. Mach'a göre:[12]

> Biz aşkın olanın alanına erişemeyiz. ... Fakat itiraf etmeliyim ki, açıkçası oranın sakinleri bende hiçbir merak uyandırmıyorlar. Ben bir filozof değilim; yalnızca bir bilim insanıyım. ... Ama Molière'in komedisindeki hastadan hekiminin rehberliğini takip etmenin beklenmesi gibi, tek bir filozofun rehberliğini körü körüne takip eden bir bilim insanı olmak da istemiyorum. ... Bilime yeni bir felsefe getirmeye çalışmadım; bunun yerine eski ve kullanım dışı olanı uzaklaştırmaya çalıştım. ... Filozofların kendilerinin farkında oldukları bazı yanlış kanılar vardır. ... Bunlar, bilimde daha az olumsuz eleştiri aldıkları yerde daha uzun süre hayatta kalmışlardır; anakarada hayatta kalma kabiliyeti olmayan bir hayvan türünün düşmanlarının var olmadığı uzak bir adada hayatta kalabilmesi gibi. ...

Gel gör ki, bilimin ifadelerinde terkedilmiş felsefelerin kalıntılarının görülebilmesi, Mach ve Whitehead'den çok farklı deneyimlere ve amaçlara sahip olan insanlar tarafından da eleştirilmiştir. Burada Friedrich Engels'ten[13] alıntı yapabiliriz. Engels, Karl Marx'ın[14] bilimsel, felsefi ve politik uğraşlarında onun en yakın çalışma arkadaşı olmuştur. Şöyle yazar:[15]

> Doğa bilimcileri felsefeyi görmezden gelerek veya kötüleyerek kendilerini felsefeden kurtardıklarını sanırlar. Oysaki düşünce olmadan herhangi bir ilerleme kaydedemezler; düşünce için de düşünce belirlenimlerine ihtiyaç vardır. Fakat ihtiyaç duydukları bu kategorileri, üzerine hiç düşünmeden, sözüm ona eğitimli kişilerin çoktandır terkedilmiş felsefelerin kalıntılarının hâkim olduğu ortak bilincinden veya üniversitede mecburen dinledikleri

azıcık felsefeden (ki bu bölük pörçük olmaktan başka bir de çeşit çeşit ve genellikle de en kötü okullardan insanların görüşlerinin bir potpurisidir) ya da çeşitli felsefi yazıların eleştirel olmayan okumalarından alırlar. Böylelikle felsefeye bağımlılıklarında hiçbir azalma olmaz ve en berbat felsefelerin en bayağılaştırılmış kalıntılarının bu köleleri, felsefeyi en çok kötüye kullananlar olurlar.

Karl Marx ve Friedrich Engels'in felsefeleri, Diyalektik Materyalizm, Sovyetler Birliği ve ona bağlı devletlerin resmi felsefesi haline geldiğinden, bu alıntıda ifade edilen görüşler Sovyet Hükümeti'nin bilime yaklaşımında çok geniş kapsamlı bir etkiye sahip oldu. Her türlü bilimsel anlatı, iktidardaki partinin felsefesine muhalif olabilecek gizli felsefeler içerip içermediğini anlamak için incelendi. Bu argüman, birçok durumda bilimin devlet tarafından disipline edilmesine bir bahane olarak hizmet etti.

7. Bilgi mi, "Anlamak" mı?

Günümüzde hükümetler bilimsel araştırmaya fazlasıyla dikkatlerini vermek ve maddi destek sağlamak zorundadır. Demokrasilerde hiçbir hükümet bahsi geçen türde bir uygulamaya vatandaşların desteği olmadan kalkışamaz; vatandaşlar ise ne olduğunu tam olarak anlamadan hükümete böyle bir iş için destek vermeyeceklerdir. Bu noktada ortaya çıkan mesele ise vatandaşların uzmanlar tarafından hazırlanan raporları, mesela bilimsel araştırmalara ayrılan ödeneklerle ilgili olanları, herhangi bir bilimsel uzmanlığa sahip olmadan nasıl değerlendireceğidir. James Bryant Conant şöyle yazar:[16] "Bu yüzyılın ikinci yarısında her Amerikan vatandaşı hem bilimi hem de bilim insanlarını en iyi şekilde anlamak konusunda ihtiyatlı davranacaktır."

Birçok insan bu amaca ulaşmanın yolunun bilimin ulaştığı sonuçları popüler hale getirmekten, başka bir ifadeyle, kabiliyetli ve ilgili kadın ve erkeklerin bilim insanlarınca keş-

fedilen "olgular"ı özümseyip sindirebilecekleri, yetişkinlere yönelik eğitimlerden geçtiğine inanmışlardır. Oysaki Conant, uzman olmayan kişilerin "sonuçlar"ı ve "olgular"ı özümseyerek bilim insanlarının raporlarıyla ilgili herhangi bir yargıya varamayacaklarını vurgulamıştır. Vatandaşın asıl ihtiyaç duyduğu bilim insanının bu sonuçlara ulaşırken nasıl akıl yürüttüğünü, bu sonuçların ne bağlamda "geçerli" veya "güvenilir" olduklarını ve yargıda bulunmanın temeli olarak nasıl kullanılabileceklerini anlamaktır. Conant'a göre,

> Çare, bilimsel bilginin bilim insanı olmayanlar arasında daha fazla yayılmasında değildir. Bilimle ilgili iyi bilgilenmiş olmak bilimi anlamakla aynı değildir. ... Bilim insanı olmayanları bilimin taktik ve stratejileri konusunda bilgilendirmeye yarayacak yöntemlere ihtiyaç vardır.[17]
>
> Uzmanların ileri sürdüğü düşüncelerin eleştirel bir incelemesine kalkışan tecrübesiz bir kişinin yolunu tıkayan ve aşamadığı engel, uzmanların nasıl düşünüp konuştuğundan haberi olmamasıdır.[18]

Bilimsel bilginin yanında, bilimsel pratiğin taktik ve stratejilerini de anlamaya giden sistematik yol, her türlü bilim felsefesinin esas konusudur.

Notlar*

1. Louis de Broglie, *L'Avenir de la Science* [Bilimin Geleceği] (Paris: Plon, 1941).
2. Albert Einstein, Ernst Mach'ın ölümü üzerine yazdığı yazıdan, *Physikalische Zeitschrift*, Cilt: 17 (1916), sayfa 101 vd.
3. *Encyclopaedia Brittanica* [Brittanica Ansiklopedisi], (Cilt: 7, "eğitim" maddesi) "mesleki" ve "genel" eğitim arasındaki zıtlığı tartışır. Bun-

* Köşeli parantez içerisinde verilen bilgiler, çevirmen tarafından eklenmiştir. (çev.)

lardan ilki acil ihtiyaçlara yoğunlaşırken, diğeri "toplum hayatının ve toplumsal ihtiyaçların oldukça uzun zamana yayılmış bir resmini dikkate alır." Öğrencinin yeteneklerini matematik, temel bilimler, dil bilgisi, edebiyat ve tarihi de kapsayan bir "genel kültür" müfredatıyla geliştirmeyi amaçlar.

4. Robert Maynard Hutchins (1899-[1977]), Amerikalı eğitimci, 1929-1951 yıllarında Chicago Üniversitesi rektörü ve temsilcisi.
5. *Higher Learning in America* [Amerika'da Yüksek Öğretim] (New Haven: Yale University Press, 1936).
6. Alfred North Whitehead (1861-1947), düşük fiyatlı Mentor Books baskısından, *Aims of Education* [Eğitimin Amaçları].
7. Herbert Dingle (1890-[1978]), İngiliz bilim insanı ve filozof, Bilim Tarihi ve Felsefesi Profesörü, University College, Londra.
8. Alfred North Whitehead, *Science in the Modern World*, Mentor Books.*
9. Ralph Waldo Emerson (1803-1882), Amerikalı deneme yazarı ve şair; *Essays on Representative Man*, 1849; *Nature*, 1836; *The Conduct of Life*, 1860.
10. José Ortega y Gasset, (1883-[1955]), İspanyol deneme yazarı ve filozof. *The Revolt of the Masses* [Kitlelerin Ayaklanması] kitabı ilk olarak 1930'da çıktı. Daha sonra düşük fiyatlı Mentor Books baskısı yapıldı.
11. *The Principle of Relativity* [Görelilik İlkesi] kitabında (Londra: Cambridge University Press, 1922).
12. Ernst Mach (1838-1916), Avusturyalı fizikçi, psikolog ve filozof. *Erkenntnis und Irrtum (Knowledge and Error)* [Bilgi ve Yanılgı] kitabında (J. A. Barth: Leipzig, 1905).
13. Friedrich Engels (1820-1895), Alman politik filozof ve sosyalizm yanlısı.
14. Karl Heinrich Marx (1818-1883), Alman politik filozof ve sosyalist lider. Marx ve Engels birlikte çalışarak "Diyalektik Materyalizm" felsefesini ortaya koydular.
15. *Dialectics of Nature* [Doğa'nın Diyalektiği] kitabında. Engels 1873 ile 1882 arasında bu kitap üzerine çalıştı; fakat yazarı öldüğünde kitap henüz tamamlanmamıştı ve 1925'e kadar basılmadı. Moskova'da,

---

* Whitehead'in kitabının başlığı aslında *Science and the Modern World*'dür [Bilim ve Modern Dünya]. (çev.)

Almanca ve Rusça olarak, Marx ve Engels Arşivi'nin 2. cildi olarak yayımlandı. *Dialectics of Nature* başlıklı İngilizce çevirisi (New York: International Publishers, 1940), John B. S. Haldane tarafından yazılmış bir önsöz içerir. Bu kitap Sovyetler Birliği'nde yapılan her türlü bilim felsefesinin resmi temeli haline gelmiştir.

16. James Bryant Conant (1893-[1978]), Amerikalı bilim insanı, eğitimci ve diplomat, 1933-1953 yıllarında Harvard Üniversitesi rektörü, 1953-1955 yıllarında Birleşik Devletler'in Almanya'daki yüksek komiseri, 1955-[1957] yıllarında Birleşik Devletler'in Almanya Büyükelçisi. Yayınları: *On Understanding Science* [Bilimi Anlamak Üzerine] (New Haven: Yale University Press, 1947); *Science and Common Science* (New Haven: Yale University Press Yayınları, 1951).
17. J. B. Conant, *Science and Common Science, age.*
18. I. B. Cohen ve F. G. Watson, *General Education in Science* [Bilimde Genel Eğitim], (Cambridge, Mass.: Harward University Press, 1952).

1. BÖLÜM

BİLİMİ FELSEFEYE BAĞLAYAN ZİNCİR

1. Olgular ve Kavramlar

Edgar Allan Poe,[1] "Bilime Sone" şiirinde bilimi suçlamaktadır:

Bilim! Eski Zamanların gerçek kızı; sanat
Her şeyi değiştiren dikkatli bakışlarıyla.
Neden şairin kalbinin üzerinde avlanırsın,
Kanatları birer donuk gerçek olan akbaba?

Diana'yı arabasından sen çekip çıkarmadın mı?
Ve Hamadryad'ı da ormanından kaçırmadın mı?

Çağdaş bilim insanı, biliminin "kuru gerçeklerden" oluştuğu fikrine katılmayacaktır. Bilim üzerine ne kadar çalışırsak, o kadar farkına varırız ki bilim ne kurudur ne de gerçeklerden bahsetmektedir. Çağdaş bilimin gökteki cisimlerin yörüngelerini tarif etmek için kullandığı sembollerdense, "Diana'nın arabası" günlük hayatımızın kuru gerçeklerine daha yakındır. Tanrıçalar ve periler günlük hayatımızda karşılaştığımız insanlara, elektromanyetik alandan veya çağdaş

bilime göre duyularımızla doğrudan gözlemlediğimiz kuru gerçeklerin hesabını veren, görünmeyen evreni dolduran enerji ve entropiden çok daha fazla benzerler.

Bilimle ilgili konuştuğumuzda, her zaman söylem veya soyutlama iki düzeyde olur. Bunlardan ilki günlük hayattaki ortakgörü deneyimlerimizin düzeyidir; örneğin bir grup siyah beneğe göre hareket eden siyah bir benek görürüz. Bu, doğrudan gözlemin düzeyidir; laboratuvar raporları deneyimin bu basit olgularıyla ilgilidir. Böyle basit deneyimleri psikolojik açıdan ele almak mümkündür ama biz burada bunu yapmayıp bu deneyimleri hepimizin paylaştığını varsayacağız. Bununla, bu basit deneyimlerle ilgili daha derin tartışmalar yapılamayacağını ima etmiyoruz; fakat böyle bir tartışma bilim felsefesinin işi değildir. Bahsettiğimiz ikinci düzey, bilimin genel ilkelerinin düzeyidir. Bu düzey, ortakgörü deneyimlerinin düzeyinden tamamen farklıdır. Bu düzeylerden ilki herkesçe paylaşılabilir; ikincisi ise günlük deneyimlere çok uzak bir dil kullanır. Bilim esas olarak bu genel ilkelerden meydana gelir. Dans eden beneklerle ilgili basit önermeler topluluğu bilim değildir. Bilim felsefesinin başlıca meselesi ortakgörü önermelerinden genel bilimsel ilkelere nasıl varacağımızdır. Daha önce belirttiğimiz gibi, bu ortakgörü deneyimleri ve önermelerini herkes anlar ve kabul eder. Amerikalı büyük şair Walt Whitman'ın dizelerinde kabul etmenin temelinin güzel bir betimlemesi vardır:[2]

> Mantık ve vaazlar asla ikna etmezler,
> Gecenin sisi ruhumun derinliklerine işler,
> Yalnızca kendini her kadın ve adama kanıtlayan gerçektir,
> Yalnızca hiç kimsenin reddetmediği.

Bu tür önermelere şöyle örnekler verebiliriz: "Bu odada yuvarlak bir masa var. Şimdi de masa bu odadan bitişikteki odaya taşındı." Veya "Bu tartıda ibre iki ile üç arasında bir çizgiyle çakışıyor; şimdi ibrenin konumu değişiyor ve üç ile dört arasında bir çizgiyi kapatıyor." Bu tür önermelerle ilgili genel olarak hemfikir olmak kesinlikle mümkündür. Bu önermelerin başka önermelerden "daha yüksek dereceden bir gerçeklik" tarif ettiklerini iddia etmeyiz; ya da tarif edilen dünya "gerçek" dünyaymış gibi davranmayız. Onları bütün bilimin temeline koymamızın tek sebebi, böyle önermelerin belirli bir durumda, "doğru" olsalar da olmasalar da, ortalama eğitim almış insanlar arasında genel bir fikir birliği sağlayabilmeleridir. Böyle önermelerden oluşan konuşmalara ortakgörü konuşmaları veya günlük konuşmalar diyebiliriz. Walt Whitman'a göre "bu böyledir", çünkü "kendini her kadın ve erkeğe kanıtlar".

"Eylemsizlik yasası" veya "enerjinin korunumu" gibi soyut terimlerle oluşturulmuş genel önermeleri ele aldığımız zaman durum tamamıyla değişir. İster ilke diyelim ister öncül veya hipotez, ya da genelleme, kesin olan tek bir şey vardır: Konumuz ortakgörü önermeleri olduğunda sağladığımız genel kavrayışı bunlar için sağlayamayız. Dolayısıyla, ister istemez akla şöyle bir soru gelecektir: Neden bazı genel bilimsel önermeleri kabul ederiz de diğerlerini kabul etmeyiz? Bu genel önermeleri kabul edişimizin nedenleri nelerdir? Bu kısmen psikolojik ve sosyolojik bir meseledir. Fizik biliminin genel önermeleri basitçe deneysel olgular değildir. Mesele şu ki, insanlar bu genel ilkeleri öne sürer ve kabul ederler ama bu durum fiziğin değil de psikoloji veya antropolojinin konusudur. Görüldüğü üzere fizik biliminin felsefesi dahi fiziğin kendisinin tamamen başa çıkabileceği bir konu değildir. Fizikte bu genel ilkelerin neden kabul edildiğinin bazı sebeplerini öğreniriz ama asla hepsini öğrenmeyiz. Bilim felsefesi

insan biliminin bir parçasıdır ve psikoloji, sosyoloji gibi diğer insan bilimlerini biraz bilmeden onu anlayamayız. Bilim felsefesi, bilimin genel ilkelerinin kabul edilmesinin tüm sebeplerini kapsar. Ortakgörü deneyimleri ile bu genel ilkeler arasındaki asıl ilişki nedir? Tek başına ortak görü deneyimi yeterli midir? Bilimin genel önermeleri tek bir şekilde mi belirlenir, yoksa aynı ortakgörü deneyimleri kümesi başka genel önermeler ortaya çıkarabilir mi? Eğer ikincisi doğruysa, nasıl oluyor da bir genel önermeyi seçiyoruz da diğerini seçmiyoruz? Ortakgörü deneyiminden bilimin genel ilkelerine nasıl varıyoruz? İşte bu, bilim felsefesinin temel meselesidir.

Başlangıç niteliğinde ve çok da ayrıntıya girmeden, bilim ve felsefe arasındaki ilişkiyi tarif edebiliriz. Ortakgörü deneyimi ile bilimin genel önermelerini bağlayan alelade bir zincirden bahsedecek olursak, zincirde önermelerin gittikçe daha da genel bir hal aldığı uca felsefeyi koyabiliriz. Genellemeler ne kadar ileri götürülürse, doğrudan gözlemin bu genellemeleri belirlemesi ve genellemelerin kesinlikleri de bir o kadar azalır. Şimdilik bilim ve felsefe ayrımı ile ilgili daha fazla konuşmayıp bu tartışmayı daha sonraya bırakacağız.

2. Betimleme Yolları

Belirli bir alanda toplayıp kaydedeceğimiz ortakgörü deneyimleri yığınından, ibrelerin gösterdiklerinin uzun listelerini veya dans eden renkli beneklerin tariflerini üretebiliriz. Fakat ne kadar titiz ve kapsamlı olursa olsun, bu deneyimleri kaydederek, kayıtlarımızdan çıkarılabilecek sonuçları bize kolaylıkla verecek kuram veya hipotezleri oluşturmakla ilgili ufacık bir ipucuna bile ulaşamayız. Meselenin kayıtlarımızla az çok hemfikir olan bir hipotez bulmak olduğunu düşünürsek, kesin bir cevaba ulaşmak bizim için pek mümkün görünmüyor. 1891 gibi erken bir tarihte, C. S. Peirce[3] şöyle yazmıştır:

Hipotezler gelişigüzel bir şekilde ya da sadece belirli görüngülere uygun oldukları için denenecek olsa, her bir kuramı sınamak dünyadaki matematiksel fizikçileri ortalama yarım yüzyıl boyunca meşgul eder ve yalnızca bir tanesi doğru olabilecek olsa da, mümkün kuramların sayısı trilyonlara ulaşabileceğinden, kendi zamanımızda konuya sağlam katkılarda bulunma ihtimalimiz oldukça düşük olur.[4]

Kaydedilmiş gözlemlere dayanarak bir kuram veya hipotez oluşturmaya kalkışırsak, çabucak farkına varırız ki elimizde bir kuram olmadan neyi gözlemleyeceğimizi dahi bilemeyiz. Tesadüfi gözlemler herhangi bir genelleme yapmaya elverişli değillerdir. Bu noktada Auguste Comte'un *Pozitif Felsefe Dersleri'*nden[5] bir bölüm okumak öğretici olacaktır. Comte, "Pozitivizm" diye bilinen düşünce okulunun babası kabul edilir. Filozoflar arasında yaygın olan bir kanıya göre, Comte ve okulu gözlemin değerini yüceltirken, kuramların yaratıcı hayal gücüyle oluşturulmasının değerini en aza indirmiş ve hatta reddetmiştir. Yine de şöyle yazar:

Mademki her bilimsel kuram zorunlu olarak gözleme dayanmalı, konuya başka bir açıdan baktığımızda, aklımızın gözlem yapabilmek için bir kurama ihtiyaç duyacağı da eşit şekilde anlaşılırdır. Eğer görüngülere kafa yorduğumuzda onları bazı ilkelerle eşleştirmeseydik, ayrı ayrı gözlemleri birleştirip onlardan herhangi bir sonuç çıkarmamız mümkün olmazdı. Hatta bunları saptayamazdık bile. Olgular gözümüzün önünde fark edilmeden dururdu.

Sonuç olarak akıl başlangıcından beri gerçek kuramlar oluşturmanın zorunluluğu ile makul gözlemler yapabilmeyi sağlayacak bir kuram yaratmanın zorunluluğu arasında sıkışıp kalmıştır. Neyse ki teolojik kavramların kendiliğinden gelişmesi akla doğal bir çıkış yolu sağlar; yoksa akıllarımız kısır bir döngüde hapsolup kalırdı.[6]

Teolojik kavramlar ortakgörü deneyimlerine çok yakındır. Dünyanın tanrılar tarafından yaratılmasını bir saatçinin saat

yapmasına benzer şekilde yorumlarlar. Daha sonra göreceğiz ki bu tür bir analoji bilimin her türlü metafiziksel yorumunun temeli olmuştur. Bu noktada, gözlemlerin basitçe bir kaydının bize "dans eden beneklerden" öte bir şey sağlamadığının ve "bilim"in biz bu ortakgörü deneyimlerinden kuram denilen basit betimleme yollarına ulaşmadıkça başlamayacağını şüphesiz bilmeliyiz. Doğrudan gözlemler ile "bilimsel betimlemeler"de kullandığımız kavramlar bilim felsefesinin ilgilendiği ana konulardır.

Bu ilişkinin doğrudan olduğu, basit denilebilecek bir örneği ele alalım. Havaya bir nesne fırlattığımızı farz edelim; mesela bir sigara kâğıdı parçası... Sonra ne olur? Eğer bunu defalarca tekrarlarsak –yüzlerce, binlerce, yüzbinlerce defa– hareketin her seferinde farklı olduğunu buluruz. Bütün bu gözlemlerin birikintisi tabii ki bilim değildir. Ve bu, çok az gelişmiş ve hakkında nerdeyse hiçbir şey bilmediği bir alanda çalışmadığı sürece, fizikçinin çalışma biçimi değildir. Fizik çalışırsak düzgün hareket için, ivmeli hareket için ve bu iki tür hareketin bir arada olduğu durumlar için bazı kurallar öğreniriz. Bunlar betimleme şemalarıdır. Bunları deneye tabi tutmadan önce icat etmemiz gerekir; fakat bu şemaları nasıl icat ederiz? Burada insanın hayal gücü devreye girer. Basit bir şema hayal etmeye çalışırız. Peki, basit nedir? Düşen kâğıdın mevcut hareketinin hayal edilen şemaların herhangi biri tarafından yaklaşık olarak tarif edilip edilmediğini bulmak için, hayal edilen tüm farklı şemaları deneye tabi tutmamız gerekir. Fizik anlatan ders kitaplarında bu şemaların "idealleştirilmiş hareket" oldukları önermesini buluruz. Bu çok yanıltıcı bir ifadedir; her deneysel nesne için ona karşılık gelen bir idea olduğunu iddia eden bir metafizik öğretisini işaret eder. "İdealleştirme"nin sonucu tamamen rasgeledir. "İdealleştirme" kelimesi ile tek söylediğiniz şey deneysel bir nesne

ile icat ettiğiniz bir "idea"yı karşılaştırdığınızdır. Bir de bu icadı veya "idealleştirme"yi ne amaçla yaptığımız sorusu vardır: Örneğin bazı meselelerde alışılmış atmosferi çok yoğun bir ortam olarak idealleştirmek, bazılarında ise uzay olarak almak daha kullanışlıdır.

Yeniden düşen sigara kâğıdı meselesine dönelim. Günümüz mekaniğinde her hareketi, uzayda bir kütle noktasının hareketi olan şema ile karşılaştırırız. Fırlatılmış bir nesnenin hareketinin bileşenleri olarak iki hareket türünü değerlendiririz; düzgün ivmeli dikey hareket ve düzgün yatay hareket. Bunların birincisine yerçekimsel hareket, ikincisine ise eylemsizlik hareketi deriz. Bu şemadan pek çok faydalı şey sağlayabiliriz ama her şeyi sağlayamayız. Bu tahlil hava için yaklaşık olarak doğrudur ama yapışkanlığı yüksek bir ortam için o kadar da doğru değildir. Eğer yoğun veya yapışkan bir ortamın etkisini hesaplamak istiyorsak, bir başka şema icat etmeye ihtiyaç duyarız.

Havadaki hareketi tarif etmekte kullandığımız şema, sabit "ivmeli" harekettir. İvme kavramı, doğrudan gözlemlerimizin dans eden beneklerine çok uzaktır. Hareket halindeki nesnenin konumu herhangi bir zaman fonksiyonu ile matematiksel olarak tarif edilirse, ivme diferansiyel hesaba göre "zamana göre ikinci türevler"in hesabı ile tarif edilmiş olur. "İkinci türev"in ortakgörü alanındaki dengini gözlemlemek demek, çok büyük sayıda son derece hassas ibre okumaları yapmak demektir; unutmayalım ki "ikinci türev" bir sonsuz değerler kümesinin limiti olarak tanımlanır.

Dolayısıyla, deneysel bilimcinin bilimsel tarifin şemalarında, bilimin kanunlarında, ortaya çıkan tüm nicelikleri gözlemlemediğini söyleyebiliriz. Susanne Katherina Knauth Langer[7] *Philosophy in a New Key* [Yeni Bir Bakışla Felsefe] isimli kitabında şöyle yazar:

> Laboratuvardaki insanlar... meraklarının asıl nesnesini gözlemlemezler bile. ... Çağdaş bilimin önermelerinin dayandığı duyu verileri çoğunlukla küçük fotoğrafik benek ve lekeler, ya da kâğıt üzerindeki koyu renkli, eğri çizgilerdir. ... Doğrudan gözlemlenebilir olan, "fiziksel olgu"nun yalnızca bir işaretidir; bilimsel önermeleri üretmek yorum yapmayı gerektirir.[8]

3. Analoji Aracılığıyla Anlama

Şimdilik yalnızca havadaki hareketi düşünelim. Bu durumda insan aklı sabit ivme şemasını bilmekle yetinir mi? Hayır; nesnenin *neden* dikeyde hızlanıp yatayda düzgün hareketle ilerlediğini sorar. Bunu bir öğrenciye açıklamak isterseniz (bir bakıma hepimiz dünyadaki öğrencileriz), nesnenin dünyanın çekiminin etkisi altında dikeyde hızlandığını söylersiniz. Ama biraz daha düşününce, bunun açıklama mahiyetinde bile olmadığının farkına varırız. Çekim nedir? Ortaçağda açıklamalar her zaman insanbiçimciydi ve insan eylemleriyle karşılaştırmalardan ibaretti. Ağır nesnelerin dünyanın merkezine mümkün olabildiğince yakın olmak istediklerine inanılırdı. Ne kadar yaklaşırlarsa o kadar coşkuyla dolar ve hızlanırlardı. Daha karmaşık bir biçimde olsa da bugün hâlâ çekim kavramını kullanıyoruz. Düşen sigara kâğıdının konumlarını kayıt altına alırsak günlük deneyim düzeyinde iş yapmış oluruz. Ama biz kâğıdın hareketini doğrudan günlük hayatın psikolojik bir görüngüsü olan çekim ile karşılaştırarak onun genel kanununu "anlama"ya çalışırız. Günlük deneyimi yalnızca düşen nesnenin doğrudan gözlemi ile sunmakla yetinmeyiz.

Nesnenin düzgün hareketini açıklamak daha zordur. Sebebinin eylemsizlik olduğunu söyleriz; bunun ne demek olduğunu biliriz çünkü hepimiz günlük deneyimimiz vasıtasıyla durgun olduğumuzu biliriz. Eylemsizlik tembellik, hareket etme arzusunun olmaması demektir. Mesela insanın

sabah kalkması için dışarıdan ikna edici bir müdahale gerekir; katılması gereken bir ders veya iyi bir kahvaltı beklentisi gibi. Kıyaslama yaparken eylemsizlik yasası bize çok makul gelir. İnsanların onu keşfetmesi neden binlerce yıl aldı diye merak ederiz. Öte yandan, kendi tembelliğimizin deneyimini işin içine katarak açıklama yapma yöntemi oldukça keyfidir. Şeyler göründükleri kadar basit değillerdir.

Bir trenin içindeki bir yataktayken, çaba sarf etmeden yatakta kalacak mıyız yoksa yataktan fırlayacak mıyız diye anlamamıza kendi tembelliğimizin hiçbir katkısı olmaz. Tren durur veya hızını değiştirirse "tembellik" yatakta kalmamıza yardım etmez. Gerçekte "çaba sarf etmeden" olan, hızımızı bazı fiziksel nesnelere göre korumamızdır. Tren örneğinde bu kütle dünyamızdır. Ama Foucault sarkacı veya dünyanın ekseni üzerindeki devri dolayısıyla fırlatılan cisimlerin sapması örneklerinden görebiliriz ki dünya kendisine göre hızımızı koruduğumuz daha büyük bir kütlenin, örneğin galaksimizin kütlesinin, yerini almaktadır. Daha sonra göreceğiz ki bu bile tam olarak doğru değildir. Her halükârda, tembelliğin günlük deneyiminden yola çıkarak hareketin gözlemlenebilir etkileri ancak muğlak bir şekilde tahmin edilebilir ve bu tahminler ancak çok özel koşullar altında işe yarar. Fizik biliminde gerçekten önemli olan soyut şemadır: Her hız belirli bir kütleye göre sabit kalacaktır ve bu bize eylemsizlik sistemi dediğimiz şeyi verir. Günlük hayatın görüngüleriyle karşılaştırma bu şema ile herhangi bir tutarsızlık göstermeyecektir. Tembellik ve eylemsizlik arasındaki analoji çekim ve yerçekimi arasındaki kadar muğlaktır.

Bir görüngü öbeği için basit bir şema bulacak olursak – mesela hava içinde düşmekte olan bir nesnenin sürekli hızlanması– şu şekilde düşünmeye eğilimliyiz: "Kusursuz bir biçimde sürekli hızlanan hareket, bir nesnenin havadaki hakiki

düşüşünün idealleştirilmiş halidir." Buradaki "idealleştirme" kelimesi, hakiki hareketin tesadüfi sapmalarını dahil etmeden, sadece "hareketin esas kısmı"nı, yani düzgün hızlanan hareketi hesaba kattığımıza işaret eder. Bilim insanına göre "esas" terimi "istenilen amaca ulaşmaya uygun" demektir. Bizim örneğimize göre söylersek, "havadaki düşmenin en basit ve en işe yarar tarifine uygun" demektir.

Bu şekilde belirli bir hareketin "esas" ve "tesadüfi" bileşenlerini ayırt edebiliriz. Ancak, daha da genel sorular sorma isteği vardır; şunlar gibi: Hareketin genel olarak "esas özellikleri" nelerdir? Veya: "Hareketin özü" nedir? "Öz" terimini örneğimizde yaptığımız gibi kullanmak istersek, bir şeyin "esas özellikleri" dediğimizde belirli bir amaca ulaşmak için zorunlu olan özellikleri kastederiz. Bir amaç belirlenmediği ve belirtilmesine ihtiyaç duyulamayacak derecede varlığı kabul edilmiş bir amaç da olmadığı sürece, "esas" teriminin belirgin bir anlamı yoktur.

İnsanlar bir nesne, mesela bir ev, inşa ettikleri zaman, bu evin "esas özellikleri" inşa eden için önemli olanlardır; onu içinde yaşamak için iyi bir ev yapan özellikler ya da satışından yüksek kâr edilmesini sağlayacak özellikler. Bu durumda, doğal bir nesnenin, bir taşın, bir hayvanın veya bir insanın özünden söz edebilmek ancak yaratıcılarının onları yaratmakta kesin bir amacı olduğunu varsaymakla olur.

Doğal nesnelerin özünden bahsedersek, bunlarla insan elinden çıkma yapay nesneler arasında bir analoji olduğunu kabul etmiş oluruz.[9] Bu analoji ya üstü kapalı olarak varsayılır ya da fiziksel dünyanın yaratıcısına gönderme yaparak açık hale getirilir. Bu konuşma biçimine daha sonra, bilimin metafizik yorumlarını tartıştığımız zaman yeniden değineceğiz.

4. Aristoteles'in Doğa Bilimleri Şeması

Bu bölümün ilk kısmında bilimden iki düzeyde bahsedilmesi gerektiğini yazmıştık. Bir tanesine her günkü ortakgörü deneyiminin düzeyi, yani doğrudan gözlem düzeyi dedik. Diğeri de bilimin genel ilkelerinin düzeyidir. Bilimin felsefi yorumlarıyla ilgili yanlış anlaşılmaların çoğunun bu iki düzeyin ayrımının ve ne şekilde bağlantılı olduklarının açık bir şekilde anlaşılmamış olmasından kaynaklandığını söylersek çok da ileri gitmiş olmayız. Felsefe tarihi boyunca bu iki düzey, dolaysız deneyim düzeyi ve soyut önermeler düzeyi, önemli roller oynamışlardır. Profesör F. S. C. Northrop[10] meşhur *The Meeting of East and West* [Doğu ile Batı'nın Buluşması] adlı kitabında bu ayrımla ilgilenmiştir. Northrop, adı geçen kitapta, Doğu felsefesi (Hint, Çin) ile Batı felsefesi (İngiliz, Fransız, Alman) arasındaki ayrımı ele alır ve şu sonuca varır:

> Dünyanın Oryantal kısmı, dikkatini tüm şeylerin duygusal ve estetik, sırf deneysel ve pozitivist dolaysızlığındaki doğasına yoğunlaştırmıştır. Şeylerin doğasının bütünü olarak, bu metinde farklılaşmış estetik süreklilik diye adlandırdığımız, dolaysız olarak kavranan olgunun toplamını almaya yönelmiştir. Geleneksel Batı, bu süreklilik ile başladı ve sözdizimsel olarak kurulup varsayımsal olarak yazılan, bileşik estetik sürekliliğin öğelerini basit eşlenik veya işaretler olarak gören, yapılar ve nesnelere dair kuramlarını onaylamak için, bu sürekliliğin bölgesel parçalarına geri döndü. Oysaki Doğu, dikkatini kendi iyiliği için, farklılaşmış estetik sürekliliğin kendisine ve sürekliliğin kendisi için yoğunlaştırmaya çalıştı.[11]

Daha basit bir şekilde söylersek: Farklılaşmış estetik süreklilik Doğu felsefesinin ana mevzusudur. Batı felsefesi bununla başlar ve kuramlar meydan getirir; eğer bir kuramı sınamak isterse, buna geri döner. Batı felsefesinin başlıca mevzusu farklılaşmış estetik süreklilik değil kütlenin korunumu, enerji

gibi soyut kurallardır. Doğu ve Batı felsefesi arasındaki bu ayrım doğru mu değil mi, bilmiyorum. Doğu ve Batı'yla ilgili doğru olan ne olursa olsun, bir şey kesindir: dolaysız duyu deneyimi ve kavramsal yapılar diye iki yaklaşım vardır.

"Batılı" yaklaşımı temsil edecek açık ve basit bir örnek olarak, yazıları bilim ve felsefeye dizgeli bir yaklaşımın en eski girişimini oluşturan Aristoteles'ten başlayabiliriz.[12] Fizik üzerine olan kitabında (bu antik kitap hem fizik hem de fizik felsefesini kapsıyordu), "araştırmanın doğal yolunu" tarif eder. Şöyle der:

> Araştırmanın doğal yolu kolayca bilinebilir ve bize apaçık olandan başlar, daha apaçık ve içsel olarak daha anlaşılır olana gider... bizim için bilinebilir olmak ile nesnel bir anlaşılırlığı olmak apayrı şeylerdir. O zaman, tavsiye edeceğimiz yöntem şudur: Bizim için daha açık olandan -belirsizlik onda içsel olsa da- başlayıp içsel olarak daha açık ve daha anlaşılır olana ilerlemek.[13]

Bu araştırma yolunu daha önce verdiğimiz bir örnekle açıklayabiliriz: Düşen kâğıtla ilgili gözlemlerimizin sonuçları bizim için doğrudan bilinebilirdir, çünkü onları gözlerimizle görürüz; fakat içsel olarak belirsizdirler, çünkü akla yatan bir yasaya uymazlar. Diğer taraftan, eylemsizlik ve nedensellik yasaları ile bunların benzerleri anlaşılır ve akla yatkındır, çünkü bize tanıdık olan deneyimlerle benzerlik içindedirler. Aristoteles'in demek istediği, bilimsel yöntemin başlıca özelliklerinden birinin doğrudan bilinebilir olandan anlaşılabilir olana gitmek olduğudur.

5. "Karışık Toplamlar"dan "Anlaşılır İlkeler"e

Antik bilimde ve ortaçağ biliminde, bilim ve felsefe tek bir zincirin parçalarıydı ve birbirlerinden ayrılmamışlardı. Bu zincirin bir ucu yere değiyordu: doğrudan bilinebilir gözlemler. Zincir bunları diğer uca, göğe daha yakın olana bağlıyordu:

anlaşılır ilkeler. Bugün, Aristoteles'in bunları açıklama biçimi haklı olarak eleştirilebilir ama ifadeleri bugün bile bilim ile felsefe arasındaki ilişki üzerine olan tüm tartışmalarda gönderme yapılabilecek kullanışlı bir çerçeve olarak kalır. Aristoteles der ki, "Şimdi, ilk bakışta yalın ve belli olanlar aksine karışık toplamlardır ve bunların öğeleri ve ilkeleri sonradan çözümleme ile bilinir."[14] Düşen sigara kâğıdına dair gözlemlerimiz böyle karışık bir toplamdı. Bu karışık toplamı çözümlediğimiz zaman, eylemsizlik ilkesini, kütle noktası kavramını vb. elde ederiz ve bunlar da anlaşılır kavramlardır. Bu, tüm bilimsel araştırmalar için belirli bir şekilde geçerli olan bir betimlemedir. En katı mühendisler bile iki tür önerme olduğunu kabul etmelidirler: Bir yanda, doğrudan gözlemleri ve mühendisin "pratik yol" dediği işlenmemiş deneysel kuralları dikkate alan önermeler, diğer yanda ise eylemsizlik yasası gibi anlaşılır ilkeler. Bu iki düzeyin var olduğunu kimse inkâr edemez. Bu iki düzey arasındaki en bariz farklardan biri şudur: Mühendis, yeni gözlemlerin etkisi altında "pratik yollar"ını çabucak değiştirecektir, fakat eylemsizlik yasası gibi genel bir ilkenin yanlış olduğunu kolay kolay kabul etmeyecektir. Seçim yapmak zorunda kalırsa, genellikle eylemsizlik yasasının değil de kendi gözlemlerinin yanlış olduğunu varsayacaktır.

Zincir, bilim ve felsefe arasındaki ayrımı anlamak açısından kullanışlı bir resimdir. Bu ayrım her zaman var olmamıştır. Antik zamanlarda ve ortaçağda, gözlemlenen olgulardan anlaşılır ilkelere giden zincirin tümüne bilim ve aynı zamanda felsefe adı verilmişti. Bugün üniversitelerde bilim ve felsefenin geleneksel öğretim biçimine bakacak olursak, ikisinin farklı bölümlerde öğretildiğini görürüz. İkisi arasında çok az işbirliği vardır. Bilim insanları çoğunlukla, filozofların çok konuştuklarını düşünürler ve sözlerinin anlamsız olduğuna

inanırlar. Filozof da der ki, bilim insanı dar kafalıdır, sadece çok küçük bir alanı anlar; oysaki felsefenin konusu bir bütün olarak dünyadır. Sık sık ileri sürülen bir açıklamaya göre bilim o kadar özelleşmiştir ki artık Aristoteles'in yaptığı gibi tek bir insanın etik, politika, fizik, poetika, retorik vs. bilmesi mümkün değildir. Bugün hiç kimsenin evrensel bilgi ve anlayış kazanamayacağı iddia edilir. Herkes dar ve özelleşmiş bir konuya aşina olmak için öğrenmekle çok meşguldür. Şöyle bir deyiş vardır: "Bilim insanı azla ilgili çok bilir, filozof çokla ilgili az bilir." Ama bilimdeki artan özelleşmeyle ilgili konuşarak hikâyenin hepsini anlatmış olmayız. Bazı bakımlardan, bilim bugün elli yıl öncesinden daha az özelleşmiştir: Bilimler arasında eskisinden çok daha fazla bağlantı vardır. Mesela fizik ve kimyayı düşünelim; bunlar elli yıl önce çok farklı alanlar olarak görülüyorlardı. Bunlardan birini çalışan öğrencinin diğeriyle ilgili derslerde "zaman harcaması" tavsiye edilmezdi. Hatta filozoflar fizik ve kimyanın her zaman birbirinden ayrı olacağını "anlaşılır" bir sebeple açıklamışlardı: Fizik nicelikle uğraşır, kimya nitelikle. Daha sonra fiziksel kimya diye bir alan gelişti; sonra da kimyasal fizik. Bugün, fizik ve kimya arasındaki farkı kestirmek zordur. Bu iki bilim arasında, ancak soyutlamanın en alt basamağındaki en sade deneyimler tarif edilirken bir ayrım yapılabilir; soyutlamada ilerledikçe aradaki fark azalır. Önceden fizikçiler kimyayı, işlenmemiş deneysel bilgi, "aşçılık" gibi bir şey olması sebebiyle küçümserlerdi; şimdi ise kimyanın kanunları fizikten, termodinamikten, elektrodinamikten ve kuantum mekaniğinden türetiliyor. Dolayısıyla, şimdi fizikçinin kimya öğrenip anlaması ve kimyacının da fizik öğrenmesi çok daha kolaylaştı. Aynı durum fizik ile biyoloji veya ekonomi ile antropoloji için de geçerlidir. Yakın zamana kadar ekonomi ile antropoloji tamamen bağlantısız olarak görülüyordu. İktisat-

çılar borsadaki eğilimleri hesaplayabilen insanlardı; insanbilimci ilkel kabileleri incelerdi. Bugün ekonomiyi bir kabile geleneği olarak anlamalıyız, kabile geleneklerine ise iktisadi açıdan bakmalıyız.

Dolayısıyla, günümüzde bir insanın bilimin farklı alanlarını anlayamayacağını kesin olarak söyleyemeyiz. Bilim ve felsefe arasında eskiden olan bütünlüğün yok olmasını bilimlerdeki özelleşmeye yüklemek mümkün değildir.

6. Bir Zincirin İki Ucu Olarak "Bilim" ve "Felsefe"

Aristoteles'in, "kolayca bilinebilir ve bize apaçık olandan başlayıp daha apaçık ve içsel olarak daha anlaşılır olana giden..." diye tarif ettiği "araştırmanın doğal yolu"ndan bahsettik. Bu fikrin bütünü, dolaysız deneyimimize uzak olmalarına rağmen bizim için açık ve anlaşılır olan genel ilkeler olduğu gerçeğine dayanır. Etrafa bakındığımız zaman çeşitli türlerden fiziksel görüngüler gözlemleriz: Gezegenlerin Güneş etrafındaki hareketleri, elektromanyetik alanda hareket eden parçacıklar, vs. Bu görüngülerin sebebi ve neden belirli kanunlara uydukları belirsizdir. Genel ilkelerin işi bu görüngülerin neden başka bir şekilde değil de oldukları gibi meydana geldiklerini bizim için makul hale getirmektir. Konumuz, doğrudan deneyimimizin önermeleri ile bilimin genel önermelerini bağlayan zincir olunca, bu zincirin insan hayatındaki rolü nedir, diye sorabiliriz. Zincirin iki ucunu tarif ederek bu rolü anlatabiliriz.

Zincirin, günlük dilde tarif ettiğimiz doğrudan gözlemlenen olgulara denk gelen ucundan başlarız. Bu gözlemlenebilir olguları türetmemizi sağlayacak ilkeler kurmaya çalışırız. Bazı durumlarda bir ilkeden muazzam miktarda gözlemlenebilir olgu türetebiliriz. Newton'ın[15] yasalarından gökcisimlerinin hareketleri ile ilgili yasalara ulaşabiliriz; elektromanyetik teoriden tüm elektrik ve manyetik görüngülere dair olgulara

ulaşabiliriz; Mendel[16] yasalarından kalıtım tabloları çıkarabiliriz vb. Bu ilkeler bize olgular dünyasında yol gösterir. Gözlemlerimizi pratikte kullanmamızda bize yardımcı olurlar. Zincirin bu ucuna kısaca deneysel veya teknik uç diyebiliriz. Zincirin bu şekilde kullanılmasına, yani gözlemlenebilir olgular ile gözlemlenen olguların uygulamalarını türetebileceğimiz ilkeler kurmaya, bugün "bilim" diyoruz. "Bilim" bu ilkelerin makul olup olmamalarıyla pek ilgilenmez. Bunların akla yatkın olmamaları bilim insanını, bilim insanı olarak kaygılandırmaz. Birçok ders kitabında bu ilkelerin makul olup olmamalarının bir önemi olmadığı belirtilir. Hatta bu ders kitapları, görelilik ve kuantum teorisinde olduğu gibi, 20. yüzyıl biliminin ilkelerinin kesinlikle akla yatkın olmadığını, aksine çelişkili ve kafa karıştırıcı olduklarını söyler. Bu "deneysel veya teknik" uca, "bilimsel uç" da diyebiliriz.

Fakat antik bilimde, insanlar, mesela eylemsizlik yasasının da makul veya anlaşılır ilkelerden türetilmesine gerek duydular; yeter neden ilkesi (hiçbir şey sebepsiz olmaz) veya tözün ebediyeti kanunu (madde ebedidir; yok edilemez veya yaratılamaz) gibi. Fizik yasalarının anlaşılır veya kendinde apaçık ilkelerden türetildiği, zincirin bu ucuna "felsefi" uç denilebilir. Orta seviye genellikteki kanunlar, fizik yasalarının kendileri, dolaysız anlaşılır olan daha yüksek genellikteki kanunlara indirgenirler. Bilimsel uca neden ihtiyaç duyduğumuzu herkes anlayacaktır; peki ama neden zincirin felsefi ucuna da ihtiyaç duyuyoruz? Şüphesiz ki insanlık felsefi uca her zaman pratik amaçlardan dolayı ihtiyaç duymuştur. Bunun yüzyıllardır böyle olduğu bir gerçektir ve bu durum bugün için de hâlâ geçerlidir. Görelilik ve kuantum mekaniğinin ilkeleri geliştirildiğinde, bazı insanlar dediler ki: "Belki bu ilkelerden işe yarar sonuçlar çıkarılabilir, ama bunlar belirsiz ve çelişkilidir. Belirli bir pratik amaca hizmet ederler

ama 'anlaşılır' değillerdir. Bu kuramları Newton mekaniğini 'anladığımız' gibi anlamayız." Tabii ki, tam olarak hangi koşullar altında bir ilkeyi "anlaşılır" kabul ettiğimizle ilgili çok farklı fikirler vardır. Bazı insanlar bunların "doğrudan sezildiğini" söylerler. Diğerleri ise, hangi ilkelerin insanlar tarafından "anlaşılır" kabul edildiğinin tarihsel evrimin bir işlevi olduğunu vurgularlar. Her durumda bu "kavranabilir" ilkelere özlem duyulmaktadır; bu psikolojik bir olgudur. Peki, bu ilkeler hangi ihtiyacımızı gerçekten tatmin etmişlerdir? Bu bilimsel bir ihtiyaç olamaz; öyle olsaydı bu ilkeler, fiziğin kanunları gibi basitçe bilimsel ilkeler olurlardı ve doğrulanmaları verdikleri deneysel sonuçlara bağlı olurdu.

Bilim insanlarının çalışmaları aracılığıyla, gözlemlenebilir görüngülerin, birçok durumda, ne kadar karmaşık görünseler de, matematiksel formüllerden yaklaşık olarak türetilebileceğini öğrendik. Düşmekte olan bir nesnenin konumları yaklaşık olarak şu formülle tarif edilebilir: "İvme sabittir." Bir gezegenin Güneş'e göre konumları "elips" denilen bir koni kesiti boyunca "yerleşmiş" oldukları söylenerek yaklaşık olarak tarif edilebilir. Bilim insanı bu olguları şöyle tarif edecektir: Bilim insanının yaptığı şey konumları gözlemlemekten başlayarak, kendisinden gözlemlenen konumların türetilebileceği basit bir formül aramaktır. Bu formülü veren işleme "tümevarım" denir. Bu bulma işi bilim insanının yaratıcı hayal gücünü kullanmasını gerektirir. Bir formülün bulunmasını günlük dilde tarif etmek istersek, bunun için iki yol vardır. Formülün bilim insanının "buluş"u olduğunu, bilim insanı onu bulmadan önce "var olmadığını" söyleyebiliriz. Formülü, Alexander Graham Bell "icat" etmeden önce var olmayan telefon gibi bir buluşla karşılaştırırız. Varsayım ya da formül insanın hayal gücünün, bilim insanının icat etme yeteneğinin ürünüdür. Duyu deneyimi ile sınanmalıdır.

Fakat aynı durum ortakgörü deneyimiyle analojik olan başka bir durum üzerinden tarif edilebilir. Formülün gözlemlenebilir olgular içinde her zaman var olmuş olduğunu söyleyebiliriz. Columbus'un Amerika'yı "keşfetmesi" gibi, bu da bilim insanının keşfidir. Bilim insanı bir mucit değildir; duyu organları ile gözlemlenebilir görüngülere bakarak "üçüncü gözü" ile formülü "görür". Bilim insanı formülü keşfetmek için "sezgileri" kullanır.

Bilim insanının etkinliğinin tariflerinden ikincisi "büyük" skolastik felsefe[17] "geleneği" ile hemfikirken, bilim insanının çalışmalarını "icat" diye tarif etmek daha çok Pozitivizm[18] ve Pragmatizm[19] çizgisi ile uzlaşır. Hans Reichenbach,[20] *The Rise of Scientific Philosophy* [Bilimsel Felsefenin Doğuşu] adlı kitabında, gözlerimiz ile görmeye analojik olarak düşünebileceğimiz bir "aklımız ile görme" olduğuna inanmanın antik felsefe ve ortaçağ felsefesinin ayırt edici özelliklerinden biri olduğuna dikkat çeker. Şekil ve renkleri gözlerimiz ile görürken, fikir ve genel kanunları aklımız ile görürüz. Bu, özellikle Platon'un idealar kuramının temeliydi.[21] Reichenbach'a göre geleneksel felsefenin şöyle bir iddiası vardır:

> Fiziksel şeyler var olduklarından görülebilirler; fikirler var olduklarından aklın gözü ile görülebilirler. ... Platon matematiksel görüyü duyularla kavramaya benzer bir biçimde yorumlamıştır.[22]

Çağdaş bilim insanı, hipotezlerin ve formüllerin hayal gücünün sonucu olduklarını ve deneme-yanılma ile sınandıklarını söyler. Fakat "büyük geleneğin" filozofuna göre bilim insanı formülü anlığının gücüyle ve gözlemlenebilir görüngüler vasıtasıyla "görür". Doğrudan duyularla kavrama ve doğrudan anlıkla sezme arasındaki analojiyi Aristoteles vurgulamıştır. Aristoteles'e göre "nasıl duyular, kendi uygun

duyulabilir nesnelerine göre her zaman doğruysa, anlık da bir şeyin ne olduğuyla ilgili öyledir". Ve Aziz Thomas Aquinas[23] der ki: "Bu sebepten anlık bir şeyin özü ile ilgili yanılmaz, duyunun uygun nesnesiyle ilgili yanılmadığı gibi."[24]

Bu analojiye inanmak, anlığımızın doğanın genel kanunlarını sezgiyle "keşfedebileceğine" ve bu kanunların doğru olduğunu kesin olarak bilebileceğine inanmayı açıklar.

7. Doğrunun "Bilimsel" ve "Felsefi" Ölçütleri

Burada şu soruyu sorabiliriz: Neye dayanarak bazı ilkeleri kabul ediyoruz da diğerlerini etmiyoruz? Doğru için iki farklı ölçüt, ortakgörü diline daha yakın bir dille söylemek gerekirse, bir ilkeyi kabul etmek için iki sebep ayırt edebiliriz. Bunun çok eski bir ayrım olması tarihi açıdan ilgi çekicidir. Bu ayrım ortaçağ felsefesinin öncüsü Thomas Aquinas tarafından 13. yüzyılda oluşturulmuştu. Onun geliştirdiği ve *Summa Theologia*'sında tarif ettiği ölçütler, bugün hâlâ zincirimizin iki parçası arasındaki temel ayrım olarak kabul edilebilirler.[25] Bir önermeye inanma sebeplerinden biri, ondan gözlemlerle denetlenebilecek sonuçlar türetebiliyor olmamızdır; bir başka deyişle, sonuçlarından dolayı bir önermeye inanırız. Mesela Newton'ın yasalarına inanırız, çünkü onlarla gökcisimlerinin hareketlerini hesaplayabiliriz. Bir önermeye inanmanın ikinci sebebi –ki ortaçağ felsefesi bunu daha yüksek dereceden saydı– önermenin anlaşılır ilkelerden mantıksal olarak türetilebiliyor olmasıdır.

Çağdaş bilimsel bakış açımız çerçevesinde bu iki sebepten yalnızca birincisini kullanırız. Bugünkü anlamda buna "bilimsel ölçüt" diyebiliriz. Thomas Aquinas'ın da belirttiği gibi bu ölçüt asla ikna edici değildir. Bu ölçütle değerlendirme yaptığımız zaman, mesela belirli bir ilkeler kümesinden çıkarılan sonuçların gözlemle uyuştuğunu buluruz. O zaman

yalnızca bu ilkelerin doğru olabilecekleri kararını verebiliriz; doğru olmaları gerektiğini söyleyemeyiz. Aynı gözlem sonuçları farklı bir ilkeler kümesinden de türetilebilir. Bu durumda gözlemlerimiz iki farklı ilkeden birinde karar kılamaz. Diyelim ki birinin cüzdanı aniden ortadan kayboldu. Cüzdanı bir erkek çocuğunun çaldığını varsayabiliriz ve eğer cüzdan bir erkek çocuğu tarafından çalındıysa ortadan kaybolmuştur diye bir sonuca varabiliriz. Cüzdanı çalan bir kız çocuğuysa, yine aynı sonuç çıkacaktır. Eğer bir erkek çocuğunun bir cüzdan çaldığını varsayar, ama sonra ortada kaybolan bir cüzdan olmadığını gözlemlersek, hipotezimizin yanlış olduğu kararına varabiliriz. Eğer cüzdan kayıpsa, hipotez doğru olabilir; ama bu zorunlu değildir. Mümkün olan tüm hipotezleri hayal edemeyeceğimizden, belirli bir tanesinin doğru olan olduğunu söyleyemeyiz. Hiçbir hipotez deney ile "ispat" edilemez. Deney belirli bir hipotezi "destekler" demek daha doğru bir konuşma biçimidir. Eğer biri cüzdanını cebinde bulamazsa, bu durum ortada bir hırsız olabileceği hipotezini destekler ama ispatlamaz. Bu kişi cüzdanını evde bırakmış olabilir. Dolayısıyla, gözlemlenen olgu, bu kişinin cüzdanını unutmuş olabileceği hipotezini destekler. Her gözlem çok sayıda hipotezi destekler. Buradaki mesele, ihtiyaç duyulan desteklenme derecesidir. Bilim bir dedektiflik hikâyesi gibidir. Bütün olgular belirli bir hipotezi destekler ama işin sonunda bambaşka bir hipotez doğru çıkabilir. Yine de şunu belirtmeliyiz ki bilimde doğrunun bundan başka bir ölçütü yoktur.

Doğrunun felsefi ölçütlerinden bahsedecek olursak, bir hipotez kendinde-apaçık, belli ve anlaşılır ilkelerden türetilebilir ise geçerli sayılır. Bu iki ölçüt zincirimizin iki ucunda çalışır. Bilimsel uçta, ilkelerin gözlemlenebilir sonuçları ile kanıtlandıklarını söyleriz. Bu durum en genel ilkeler için doğrudur. Ama olur da nedensellik veya yeter neden ilkesi ile

başlar, sonra da bunları deney sonuçları ile denetlemeye çalışırsak, sisli ve çetrefilli bir yola girmiş oluruz. Felsefi görüşte, bu ilkelerin kendinde-apaçık olma üstünlüğü vardır.

Bu "kendinde-apaçık" olma aslen "gözlerimizle görme" ile "anlığımızla görme" arasında bir analoji olduğu inancına dayanır. İlerleyen bölümlerde (2. Bölüm 7. Kısım) "kendinde-apaçık ve anlaşılır" ilkeler arayışının neden gözler ve anlık arasındaki analojiye inanmaktan daha uzun yaşadığını anlatacağız.

Thomas Aquinas'ın doğru için koyduğu ölçütleri "çağdaşlaştırılmış" bir dille verdik. Aquinas'ın asıl ifade şeklini bilmek, herhalde faydalı olacaktır:

> Us, bir noktayı ortaya koymakta iki şekilde kullanılabilir: Birincisi, bir ilkeye yeterli ispat sağlamayı amaçlar; doğa biliminde yeterli ispatın, göklerin hareketinin her zaman düzgün hızlı olduğunu göstermesinin sağlanması gibi. Us, başka bir şekilde de kullanılır; bir ilkeye yeterli ispat sağlamak için değil de zaten ortaya konmuş olan bir ilkeyi sonuçlarının uygunluğunu göstererek desteklemek için; tıpkı astrolojide eksantrikler ve episikller kuramının, bu kuramla göklerin hareketlerinin duyulabilir görüntüleri açıklanabildiği için kabul edilmesi gibi; fakat kanıt yeterliymiş ve başka bir teori onları açıklayamazmış gibi değil.[26]

8. "Felsefi Doğru"nun Pratik Kullanımı

Bu ilkelerin kendinde-apaçık olup olmadıkları ve neden bunlara kıymet verdiğimiz sorularına geçmeden önce, bu genel ilkelerin "pratik" kullanımlarının ne olduğunu soralım. Bunlar evreni bir bütün olarak tarif etmekle, onun esas yapısını tarif etmekle yükümlüdürler. Bunu bilmeye neden ihtiyaç duyuyoruz? Hayatlarımız üzerinde herhangi bir etkisi var mı? Nedir bu etki? İnsan toplumunun bir bakıma evrenin bir resmi olduğunu ve evrenin kanunlarına göre hareket edersek doğal bir şekilde davranmış olacağımızı düşünürüz. İnsan evrenin

genel yapısını formülleştirdikçe, genel olarak insanların bu yapıyı kendi hayatlarında belirli bir şekilde taklit edeceklerine inanır. Birçok insan bu şekilde davrandıklarının farkına varmayacaktır. Eğer kilise okuluna gidersek, evrenin esas yapısıyla ilgili bir fikir bize çok küçük yaşta aşılanır. Geleneksel din, evrenin esas yapısıyla ilgili teorilerden biridir. Kişi, ister istemez hareket teorisi gibi fiziksel kuramların insan eylemleri üzerinde geleneksel dine atfettiğimiz kadar yol gösterici etkisi olmayacağını düşünür; oysaki bu teoriyi bu bakış açısından incelemek uğraşmamıza değecektir.

Antik yasalar bugünkülerden çok farklıydı. Yer cisimlerinin hareket kanunları, gökcisimlerinin hareket kanunlarından çok farklıydı. Tüm yer cisimlerinin belirli bir amaçla hareket etme eğiliminde oldukları düşünülüyordu – taşlar aşağı doğru, hava ve kıvılcımlar yukarı doğru. Belirli bir amaca yönelerek hareket etme eğilimi tüm dünyevi hareketlerin ayırt edici özelliği kabul ediliyordu. Gökcisimlerinin daimi bir dairesel hareket halinde oldukları düşünülmüştü. Başka bir ifadeyle, hareket kanunu nesnenin tözüne bağlıydı. Gökcisimlerinin yer cisimlerinden tamamen farklı bir maddeden, maddesel olmayan ince bir tözden meydana geldiğine inanılıyordu. Evren yer cisimlerinin daha sıradan tözü ile gökcisimlerinin daha asil tözünden meydana gelmişti.

Benzer şekilde, dünyanın da daha adi varlıklar ile daha üstün varlıklardan meydana geldiğine inanılıyordu. Bu demektir ki hareket teorisinin insan hayatının bütününde büyük önemi vardı; insanın, toplumun hiyerarşik yapıda olduğuna inanmasını destekliyordu. İnsanların ahlaki tutumlarının dayanağıydı. Antikçağda bile göğün ve yerin tözleri arasındaki bu farka inanmayan, herkesin sahip olması gereken bu inancın kuyusunu kazan "kötü" insanlar vardı. Platon *Yasalar*'da böyle insanların hapiste olması gerektiğini söylemiştir.[27]

Kendine eğitimci diyen herkes (ki eğitilmiş olan herkes eğitimci olmak ister) bir yaşam biçiminin diğerinden daha iyi olduğuna ve inançlarını destekleyen bilimsel teorilerden yana olması gerektiğine inanır. Demek ki bu genel ilkeler insan davranışlarını etkilerler. Bir bakıma, bu "anlaşılır" ilkelerin fizik ilkelerinden daha pratik etkileri vardır. Bilimin teknik etkileri, birine ne yapacağını söyleyen açık sözlü bir buyruktan daha dolaylıdır. En genel ilkeler, yani anlaşılır ilkeler de pratiktir ama başka bir düzeyde, hatta daha pratiktirler. Açık konuşmak gerekirse, hakiki bilim bize düşmanı yenmek için silah üretebileceğimiz teknik araçları verir; bilimin felsefi yorumu ise insanın silahları gerçekten kullanabilmesi için yol gösterir.

Bu durumu Antik Yunan'dan bir örnekle kolaylıkla açıklayabiliriz. Platon *Devlet*'te[28] bir toplumun gelecekteki liderlerini "iyi" liderler yapacak bir müfredatla nasıl eğitileceğini tartışır. Diyaloğa katılanlardan biri astronominin bu müfredatta olup olmadığını ve bu çalışma konusunun nasıl savunulabileceğini sorar. Diyalogda Platon'un görüşlerini temsil eden Sokrates, astronominin teknik sonuçlarının, tarım veya yön bulma konusunda sağladıkları faydalar için öğretilmesi gerektiğini şiddetle reddeder. Bu tür bilgilerin geleceğin lideriyle bir alakası yoktur. Halbuki gökcisimlerinin hareketlerini açıklayan "anlaşılır ilkeler"e baktığımız zaman, Antik Yunan'daki öğretiye göre gezegenleri, kendileri mükemmel olduğu için mükemmel çemberler şeklinde hareket eden ilahi varlıkların hareket ettirdiğini görürüz. Astronominin bu felsefi ilkeleri teknik amaçlar için, küre üzerinde gözlemlenebilir konumların sahiden hesaplanması için pek kullanışlı değildir. Fakat bu felsefi yoruma inanç, ilahi varlıklara olan inancı destekler. Bu inanç, vatandaşları "iyi" davranmaya teşvik etmek açısından çok faydalıdır. Platon, bu açıdan ast-

ronominin gelecekteki liderlerin müfredatında çok önemli bir konu olduğunu söyler.

Platon'un astronomiyi ele alış biçimini düşünürsek, bilim ile felsefeyi bağlayan zincirle ilgili oldukça berrak bir fikrimiz olur. Fransız fizikçi, filozof ve tarihçi Pierre Duhem,[29] Platon'un astronomiyi üç basamakta ele aldığını belirtmiştir: Gözlemsel, geometrik ve teolojik (ya da felsefi). Bunlar zincir boyunca bu verildikleri sırada yerleşmişlerdir.

Duhem'in, Platon'un anlayışını açıklama biçimi, bilim ve felsefenin tek bir tutarlı düşünce sistemi oluşturdukları bir zamanda, aralarındaki ilişkiyi anlamak adına çok işimize yarar:

> Bilginin üç basamağı vardır. En alt basamak duyu gözlemlerinden olan bilgidir. En üstte saf anlıktan olan bilgi vardır; ebedi varlıkları ve her şeyin üzerinde, en yüksek iyiyi düşünür.

Bu iki bilgi basamağı, daha önce "karışık toplam" ve "anlaşılır ilke" dediğimiz, "gözlerimizle gördüğümüz şeyler" ve "anlığımızla gördüğümüz şeyler" ile çakışır. Duhem şöyle devam eder:

> Bilginin en alt ve en üst basamaklarının arası, orta basamağa yerleşmiş olan karışmış ve melez bir tür akıl yürütmedir. Bu ortanca akıl yürütmede doğan bilgi geometrik bilgidir. Bilginin bu üç basamağına, astronominin üç basamağı karşılık gelir.

"Çağdaş bilim" dediğimiz şeyin, bilginin orta basamağını tanımlayan bu "karışmış ve melez akıl yürütme"den geliştiğinden şüphe duyulmuyor olması tuhaf görünebilir. Duhem açıklamalarını şöyle sürdürür:

> Duyularla kavrama gözlemin astronomisinden sorumludur. Bu astronomi türü, yıldızlarca tarif edilen karmaşık eğrilerin peşindedir. ... Akıl, geometrik akıl yürütme ile eksiksiz figürlere ve sabit ilişkilere muktedir bir astronomi üretir. Bu "hakiki astrono-

mi", gözlemsel astronominin yıldızlara atfettiği kararsız yolları, basit ve sabit yörüngelerle değiştirir. ... karmaşık ve değişken görüntüler yanlış bilgidir. ... Saf anlık üçüncü ve en üst astronomiyi, teolojik (felsefi) astronomiyi verir. ... Göklerin hareketlerinin kararlılığında, gökcisimleri ile birleşmiş ilahi ruhların varlığının bir kanıtını görür.[30]

2. BÖLÜM

ZİNCİRİN KOPUŞU

1. Zincir Nasıl Koptu?

Thomas Aquinas, inanç için koyduğu iki ölçüt arasındaki ayrımı, astronomiden aldığı bir örnekle açıkladı.[1] Gökcisimlerinin hareketlerini bilmek istersek, bunların daimi çembersel hareket içinde olduklarını, anlaşılır ilkelerden çıkarabiliriz; çünkü gökcisimleri mükemmel, ilahi varlıklardır. Daimi çembersel hareketin, çembersel olmayan veya kesintili hareketten daha mükemmel olduğuna şüphe yoktur. Fakat antik zamanlarda bile, kendinde apaçık ilkelerden türetilen hareket kanunlarının, cisimlerin küre üzerinde gözlemlenen konumlarını tam olarak vermedikleri biliniyordu. Bunun sonucunda astronomi, episikller kuramını veya farklı yarıçaplardaki çembersel hareketlerin üst üste bindirilmesiyle elde edilen ve kendisinden gökcisimlerinin gözlemlenebilen karmaşık hareketlerinin türetilebildiği sistemi geliştirdi. Thomas Aquinas, episiklller kuramının kendinde apaçık ilkelerden çıkarılamayacağı konusunu vurguladı. Bu kuram gözlemlerle uyum içindeydi ama anlaşılır ilkelerden türetilemiyor olduğu için yanlış olabilirdi. Bilim ve felsefe arasındaki zincirin çatlamasının sebebi, bir ilkenin kabul edilme ölçütünün zincirin iki

ucunda aynı olmamasıydı; ya da bilim-felsefe ekseni boyunca aynı olmamasıydı.

Bilim ve felsefeyi, doğrudan gözlemler ile anlaşılır ilkeleri birbirine bağlayan zincirden birkaç defa bahsettik. Bunu kabaca bir çizimle gösterebiliriz:



Şekil 1

Bu zincire bilim *artı* felsefe denir. Zincir boyunca çeşitli dereceden genellikte önermeler vardır. Bir tarafta olgu önermeleri, diğer tarafta kendi içlerinde yeterince açık ve anlaşılır olan genel ilkeler. Bu ikisinin arasında orta genellikte önermeler vardır; –Ohm kanunu,[2] Newton'ın çekim yasası,[3] elektrodinamik kanunları,[4] Mendel'in kalıtım yasaları[5]– bunlar kendi içlerinde anlaşılır olmasalar da teoriler içinde kullanışlıdırlar.

Bu ayrımın, inancın iki ölçütüyle bağlantılı olduğu açıktır. Eğer orta genellikte önermelerimiz varsa –mesela fizik yasaları– bunların doğru olduğuna neden inanırız? Bilimde kullandığımız doğruluk ölçütüne göre, bu yasalardan deneyimle uyumlu olgular türetebilmemiz gerekir. Yasanın deneyim ile desteklendiğini söyleriz. Daha önce belirttiğimiz gibi, bu orta genellikteki kanunların deneyimle "ispat" edildiğini söylemek, daha da kötüsü, bunların "olgulardan türetilebileceği"-ni söylemek yanlıştır. Bir önerme yalnızca kendisinden daha genel bir önermeden türetilebilir; asla daha az genel olan bir önermeden türetilemez. Mesela, "Bütün insanlar ölümlüdür" önermesinden belirli bir insanın ölümlü olduğu olgusunu türetebiliriz; ama bugüne kadar tanıştığımız bütün insanlar

ölümlü olageldiyse, bu olgudan "Bütün insanlar ölümlüdür" önermesini türetemeyiz. Yunanlılar arasında, hiç kimsenin kendisine kendisinin ölümlü olduğunu kanıtlayamayacağını söyleyen bir adam vardı. Hayatta olduğu sürece ölümlü olduğuna inanmayı reddedecekti; öldüğünde ise artık ona kimse hiçbir şey kanıtlayamayacaktı. Genel bir önerme her zaman insan aklının yeteneklerinin bir ürünüdür; bu işlem tümevarım, indüktif öngörü veya hayal gücü adlarından birini alabilir. Ancak hiçbir durumda mantıksal bir çıkarım değildir.

Aziz Thomas Aquinas'ın dediği gibi, bir önermeye sonuçlarından dolayı inanabiliriz. Onu onaylayan sonuçlar ne kadar çoksa, bizim de ona o kadar inanmamız gerekir. Fakat yine Aquinas'ın dediği gibi, herhangi bir önermeyi bu yolla asla ispatlayamayız. Batlamyusçu veya Kopernikçi sistem, ışığın dalga veya tanecik kuramı[6] – çok sayıda olgu, bu teori ikililerinin her iki üyesinden de türetilebilir. Sonradan ilkeler ya da hipotezler adı verilen bu önermeleri oluşturmak kullanışlıdır. (Bir ilke ile bir hipotez arasında hiçbir ayrım yoktur. Bir hipotezi ciddiye almaya başladığımız zaman ona ilke deriz.) Buradaki bilimsel bakış açısına göre genel önermeler yalnızca sonuçları ile ispatlanır veya desteklenir; "kendi kendilerine" ne anlama geldiklerinin bir önemi yoktur. Bu "saf bilimsel" bakış açısına göre kişinin belli bir tarafı tutmaması gerekir. Bu bakış açısını zincirimizin bilimsel ucuyla birleştiririz.

Zincirin diğer ucu "neden" sorusuna cevap bulma özleminden ortaya çıkar. Bilim bu soruyu yanıtlamaz; sadece bir şeyin ne olduğuyla ilgili soruları cevaplar, "neden" böyle olduğuna cevabı yoktur. "Neden" sorusuna cevap bulma özlemi bilimsel önermeleri, anlaşılır ve akla yatan genel ilkelerden türetme isteğinden başka bir şey değildir. Bu özlem ise, bu tür önermeler olduğuna inanıyor olmaktan kaynaklanır.

Tabii ki neyin anlaşılır ve akla yatkın olduğunun ölçütlerine dair pek çok fikir ortaya atılmıştır.

2. Organizmik ve Mekanistik Felsefe

"Anlaşılır" teriminin anlamını tartışmadan önce, nelere "anlaşılır ilke" denildiği konusundaki bazı değişimlere dair tarihsel bir örnek verelim. Bunun için, organizmik bir felsefeden mekanistik bir felsefeye doğru giden değişimi tartışmalıyız. Böylece kendilerinden orta genellikte ilkeler türetilmeye çalışılmış olan "anlaşılır" ilkelere örnek vermiş olacağız.

Antikçağ ve ortaçağ biliminde mekanik kanunlarını veren "anlaşılır" ilkeler nelerdi? Her şeyin belirli bir doğası olduğuna ve belirli bir amaca yönelik olan bu doğaya göre eylemlerde bulunduğuna inanılıyordu; kuşun doğası uçmaktı, kurbağanınki zıplamak, doktorunki iyileştirmek (iyimser düşünürsek), taşınki düşmek, dumanınki yükselmek, gökcisimlerininki daimi çembersel hareket halinde olmak. Her şey doğasına göre eylemde bulunuyordu.[7] Genel olarak, ayrıntıya girmeden, bu önermeden bir taşın nasıl davranacağını türetmek mümkündü. Deney ile açık anlaşmazlık içinde olan herhangi bir şeyin türetilebildiği ilkelere kimse asla inanmazdı. Fakat bir ilkenin deney ile aynı fikirde olması, o ilkeye inanmanın tek nedeni olamazdı. Bu görüşe organizmik denmesinin sebebi, her şeye bir organizmanın yapacağı türden eylemler yüklemesiydi. Genel kanıya göre, bir organizmanın eylemleri anlaşılır olma özelliğine sahipti. Aristoteles'e göre bir hayvanın hareketini anlamak bir taşınkini anlamaktan daha kolaydı. Bugün bu fikir bizim için hayret vericidir; çünkü biz bunun tam tersini düşünürüz. Bu önerme organizmik görüşün tipik özelliklerini taşır.

1600'ler civarında (çağdaş bilimin doğuşunu genellikle Galileo ve Newton ile anarız), hareket yasalarını yeni ilke-

lere dayandırmamız gerektiği fikri doğdu. En belirgin olan eylemsizlik yasasıydı; organizmik görüşün tam aksine bir nesneyi "kendi doğasında", amaçsız bir şekilde sonsuza giderken resmediyordu. 19. yüzyılın başında, insanlar onlara alıştıktan sonra, Newtoncı kanunlar kendi içlerinde anlaşılır ve makul ilkeler olarak kabul görmüş durumdaydı. "Organizmik" dünya görüşünün yerini, "mekanistik" dünya görüşü almıştı. Bu bakış açısına göre, Newtoncı yasalar en anlaşılır ve makul yasalardır.[8] Artık, hayvanların hareketlerini açıklamak zordur. Organizmik görüşe göre sınıftan çıkmakta olan birinin hızlanmasını anlamak çok kolaydır; yapılması gereken o kişinin amacını tarif etmektir –mesela, öğle yemeğine gitmek– fakat mekanistik görüş çerçevesinde bu hızlanmayı anlamak çok zordur.

Yıllar önce, Viyana'ya tramvayın ilk gelişi çok büyük bir olay oldu. Bir rivayete göre, mühendis tramvayın ne olduğunu onu dikkatle dinleyen arşidüke açıklayıp sözünü bitirdiğinde, arşidük sadece bir noktayı anlamadığını söylemiş: atın nerede olduğunu. Organizmik gelenekte, organizmalar dışındaki bir şeyin güç üretmesini anlamak mümkün değildir. Öte yandan, 20. yüzyılda da hiç at görmeyen New Yorklu çocuğun hikâyesi vardır; bu çocuğun bir sebepten hiç at yarışına gitmediğini varsaymalıyız – içinde bulunduğumuz mekanik çağda bile atların böyle bir kullanımı vardır. İlk defa taşraya gidip de yük çeken bir at gördüğü zaman bu çocuğun hayrete düşeceğini tahmin edebilirsiniz. Mekanistik gelenek altında, bu çocuk hemen şu soruyu sorar: Motor nerede?

3. Çağdaş Anlamda Bilim Nasıl Doğdu?

20. yüzyılın en büyük filozoflarından A. N. Whitehead şöyle yazmıştır:

Dünyanın her yerinde ve bütün zamanlarda, tüm dikkatlerini sadeleştirilemez ve inatçı olgulara vermiş pratik insanlar olmuştur; dünyanın her yerinde ve bütün zamanlarda, kendilerini genel ilkelere ulaşmaya adamış felsefi mizaçlı insanlar olmuştur.[9]

Antik zamanlarda ve ortaçağda, bu iki insan tipi arasında çok az işbirliği vardı. Whitehead'in burada vurguladığı, çağdaş anlamdaki bilimin doğuşunun böyle bir işbirliğiyle, yani aynı insanın hem olgulara hem de idealara ilgi duymasıyla başladığıdır. "Günümüz toplumunda yenilikçilik, olguların ayrıntılarına duyulan tutkulu ilgi ile soyut genellemelere aynı derecede adanmışlığın bir araya gelmesiyle şekillenir."[10]

William James,[11] "Pragmatizm" üzerine olan derslerinde bu iki tip kişiliği tarif etti. Onları "yumuşak-zihinli" ve "sert-zihinli" tipler diye adlandırdı;[12] aksi kanıtlanamaz olgulara duyulan özel ilgiyi, kişilikteki bir "katılık" emaresi olarak gördü.

Whitehead, bu iki tip arasındaki işbirliğinin "günümüz toplumu" doğmadan ortaya çıkamadığını varsaydı. Antik Yunan toplumunda, genel ilkelere ilgi duyan "filozoflar" veya "bilim insanları", teknik uygulamanın "aksi kanıtlanamaz gerçekler"ine ilgi duyan zanaatkârlardan daha üst bir sosyal sınıfın üyesi sayılıyorlardı. Bunlardan ikincisi daha alt tabakadandı ve genel ilkelerle ilgili fikri yoktu. Gerçi Antik Yunanların ve Romalıların inşaat ve hatta bazı mekanik mühendislik işlerinde olağanüstü ustalık ve yetenek gösterdiklerini biliyoruz; ama bu antik inşaatçı ve mühendislerin bilgisi "felsefi" veya " bilimsel" değildi; tamamen teknolojikti. Kullandıkları yöntemlerin kaynağı Aristoteles'in organizmik fiziği değildi.

Günümüzde, uygulamalı mühendislik alanından bir profesör, teknik bilgiye dair, antik ve çağdaş yaklaşımlar arasındaki karşıtlığı şöyle tarif eder:

Modern bilim ile endüstrinin, laboratuvarlardaki araştırma etkinlikleri ve formüllerle ifade edilen teorik hipotezler ile elde ettiği başarılar ... antik zamanların bilim ile endüstrisine, kıskançlıkla muhafaza edilen ve gizemli sembolik formlarla aktarılan teknik bilgi ve deneysel formüller sayesinde sağlanıyordu.[13]

"Alt" tabakalar olguları toplarken, daha "üst-düzey" olanlar ilkeleri geliştiriyorlardı. Toplumsal kurallar bu iki tip bilgi arasında temas olmasını onaylamıyordu. Sosyal statüsü yüksek bir kişi "felsefe" veya "bilim"ini teknik meselelere uygulamaya kalkışırsa çok sert eleştiriler alıyordu. Genel ilkelerin deneyle sınanması el emeği gerektirir ki Antik Yunanlar bunu özgür kimselere değil kölelere layık bir meşgale olarak görüyorlardı.

Bu tavrı anlamak için, Aristoteles'in politika üzerine olan kitabından köleliğin kurumsallaşmasını savunduğu kısmı okuyabiliriz. Aristoteles, efendinin köle üzerindeki egemenliğini insan anlığının beden üzerindeki egemenliği ile karşılaştırdı. Şöyle dedi:

Ruh tarafından yönetilmenin beden için doğal ve elverişli olduğundan şüphe edemediğimiz gibi, ruhun duygusal kısmının anlık ya da usun bulunduğu kısım tarafından yönetilmesi konusunda durumun yine böyle olduğundan ve eşit olmalarının ikisine de zarar vereceğinden şüphe edemeyiz.[14]

Aristoteles, bu yorumunu temel alarak insan ve hayvan, kadın ve erkek arasında olması gereken ilişkileri türetti. "Aynı tabilik kanunu" diye devam etti, "insanlar için de genel olarak geçerli olmalıdır." Aristoteles'e göre:

İki sınıf insan vardır ve bunlardan biri diğerine göre, bedenin ruha veya bir hayvanın insana göre olduğu kadar aşağıdadır ... bu insanlar doğal kölelerdir ve onlar için köle hayatı sürmek faydalıdır. ... Doğal bir köle, ancak kendisinin sahip olmadığı usu anlayabilecek düzeyde rasyonel bir varlıktır. Ve bu durumda

köle diğer hayvanlardan farklıdır; çünkü onlar usu ne anlarlar ne de usa göre yaşarlar.[15]

Köle, genel ilkeleri düşünme kabiliyeti olmayan, yalnızca özel durumlarda nasıl davranacağına dair emirleri anlayan bir varlık olarak görülüyordu. Bu tam olarak "filozof-bilim insanı" ile zanaatkâr arasındaki farktır. Antik Yunan'daki bakış açısına göre, ikinci insan tipi sadece zanaatkârları değil, "sanatçı" dediğimiz ressam, heykeltıraş ve müzisyenleri de kapsıyordu.

Elle yapılan işleri küçümsemenin Yunan aklında ne kadar derinlere kök saldığı, Plutarch'ın[16] yazdığı, Atinalı büyük yönetici Pericles'in[17] biyografisinde görülebilir. Günümüzde, sanatların gelişmesini Pericles çağının göz alıcı bir yönü olarak görüyoruz; oysaki Plutarch şöyle demişti:

Takdir etmek bizi her seferinde hayranlık duyduğumuzu taklit etmeye sürüklemez; aksine, bir işi çekici bulsak da, işi yapanı genellikle hor görürüz. Esanslar ve mor renk bizi mutlu ederken, boyacılar ve esans yapanlar kaba aletlerin ışığında görünürler. ... Bir insan kendini hizmete veya makinelerle yapılan bir işe adadığında, içinde bulunduğu meşguliyet daha asil çalışmalara yeterince dikkatini vermediğinin kanıtıdır. Asil doğan veya özgürlük konusunda hassasiyeti olan hiçbir genç, Pisa'daki Jupiter heykelini görünce Phidias (heykeltıraş) olmak ... ya da şiirlerini beğendiği için Anacreon veya Philetas olmak istemez. Çünkü bir iş hoş olsa da, onu yapana saygı duymak bunun zorunlu bir sonucu değildir.

Phidias[18] ve Anacreon[19] gibi, Yunanlıların uzun yıllara yayılan ihtişamını yazan sanatçılar, kendilerini siyaset ve felsefe gibi "daha soylu çalışmalara" tam olarak adamadıklarından çağdaşları tarafından hor görülüyorlardı.

Bilim alanında da buna benzer bir değer biçme vardı. Entelektüel bir uğraş olarak soyut matematik, "soylu" veya

"özgür" olanların işiydi; geometrinin mekanik modellerle örneklenmesi ise "aşağılık" görülüyordu. Romalı General Marcellus'un[20] biyografisinde Plutarch'tan öğrendiğimize göre, Yunan bilim insanı Arşimet[21] yaptığı makinelerle memleketi Siracusa'nın Romalı istilacılardan savunulmasına katkıda bulundu[22] fakat yine Plutarch'ın yazdığı kadarıyla "Arşimet'e göre askeri amaçlarla icatlar yapmak onun derin çalışmalarına değecek türden bir konu değildi".

Büyük filozof Platon, soyut mekanik veya matematiğin teoremlerini deneyle sınayarak doğrulayan bilim insanlarına ağır eleştirilerde bulunmuştur. Plutarch'a göre "Platon onlara, geometriyi cisimsiz ve entelektüel olmaktan, maddi ve hissedilir olan şeylere düşürerek, mükemmelliğini bozup onu alçalttıkları için büyük bir öfkeyle çıkıştı". Geometride mekanik araçlar kullanan kişi "el emeği gerektiren ve köle zanaatlarının nesnesi olan maddeyi kullanmak"[23] zorundaydı.

Bu cümleden açıkça görülüyor ki, Antik Yunanlar mekanik ve fizikte deneysel araştırma yapmaya, özgür bir insanın değerini azaltan ve onu felsefe ile siyasetin "soylu çalışmalarını" yürütmekten alıkoyan bir meşgale gözüyle bakıyorlardı. Artık şunu anlayabiliriz:

> Genel fikirlere ulaşmak için yapılan araştırmalar ile aksi kanıtlanamaz olguların kaydedilmesi arasındaki [sıkı] birlik, zanaatkârlık ve teknik başarının saygınlığı ciddi anlamda artmadan önce mümkün olamazdı. Bu artış, 1600'den sonra Avrupa'nın her yerinde, İtalya'da, Fransa ve Almanya'da, büyük şehirlerdeki zanaatkârlar ve ustalar, kendilerini arazi sahipleri ile onların avukat ve din adamlarından oluşan çalışanlarıyla eşit gören bir sosyal sınıf haline gelince ortaya çıktı.[24]

"Yeni bilim" ya da "yeni felsefe", genellemeler, mantıksal sonuçlar ve deneysel araştırmaların birleşiminden meydana geliyordu. "Zihnin bu dengesi," diyor Whitehead, "işlenmiş

düşünceyi bozan geleneğin bir parçası haline gelmiştir." Whitehead, bu düşünce biçiminin Batı'da eğitim ve kültürün temeli haline geldiğini belirtir:

> Hayata şeker tadı veren tuzdur. Üniversitelerin başlıca işi, bu geleneği nesilden nesile yaygın bir miras olarak aktarmaktır. ... Ahırda bir bebek doğduğu için, bu kadar az çabayla ne kadar büyük bir şey meydana gelebileceğine şüpheyle yaklaşılabilir.[25]

4. Felsefenin Bir Bölümü Olarak Bilim

Şimdi, bilim-felsefe zincirinin neden koptuğunu anlamaya çalışmalıyız. Antik çağlarda ve ortaçağda, genel ilkeleri gözlemlenen olgular zemininde denetlemenin çok kesin koşulları yoktu. Genellikle "anlaşılır ilkelerden" sadece çok bulanık sonuçlar türetilirdi. Öte yandan, daha önce gördüğümüz gibi, eski Romalılar ve Yunanlar nesilden nesle aktarılan bir ustalık geleneğiyle, ortada pek bir kuram olmadan oldukça ilginç yapılar inşa ettiler. Bugün "işin usulünü bilmek" dediğimiz şeyi kullandılar. Bilim ve felsefe dediklerimizden, "işin usulüne" dair hiçbir teknik bilgi türetemiyorlardı. Bilimin pratikte uygulanmasının tüm gereksinimlerini ustalık geleneği karşılıyordu. Bilim bu konuyla hiç ilgilenmiyordu.

Aşağı yukarı 1600'den itibaren, bilim daha gösteriş meraklısı oldu; pratik mekaniği teorik mekanikten türetmek istedi. Ve zincir ortadan ikiye ayrıldı. Orta genellikteki ilkelerden fizik yasaları ve gözlemlenen olgular türetilebiliyordu. Bilim insanları fiziğin yasalarının yüksek genellikte ilkelerden türetilip türetilemediğini artık merak etmiyorlardı. Bunun tarihteki büyük örneği eş merkezli çemberler kuramının gezegenlerin gökyüzündeki konumlarını açıklamaktaki başarısızlığıdır; bunun sonucunda "çirkin" bir teori olan episikller kuramı devreye girdi[26] ki bu kuram anlaşılır ilkelerden türetilemiyordu. Zincirdeki kırılma, bilim-felsefe zincirinin bir

parçası olan, çağdaş anlamdaki bilimi doğurdu. İnsanlar anlaşılır ve göze hoş görünen ilkelerden türetilen önermelerin, gözlemlenen olgulara ancak çok bulanık açıklamalar getirebildiklerinin farkına vardılar. Bilim ve felsefenin birliği ancak bilim ile teknolojinin birbirinden ayrı olduğu bir dönemde mümkündü. Teknoloji bilimselleştiğinde çağdaş bilim doğdu. Bilim ve felsefenin birbirinden ayrılmasından sorumlu olan bilim ile teknolojinin birliğiydi.

Antik zamanlarda ve ortaçağda bilimle uğraşan insanların yalnızca genel ilkelerden yapılan çıkarımlara inandıklarını ve deneyimle uygunluğa asla inanmadıklarını söylemek fazlasıyla abartılı olur. Daha gerçekçi bir yaklaşım arıyorsak herkesin bunların ikisine de inandığını kabul etmeliyiz. Ortaçağın sonlarına doğru, ortaçağ düşüncesinden modern düşünceye geçişi temsil eden bir felsefi hareket doğdu. Bu hareket, deneyimin bilimdeki belirleyici rolünü benimseyip mantıksal uslamlamaların değerini bir hayli azalttı. Thomas Aquinas'ın doğru için koyduğu ölçütleri esas alarak düşünürsek, bu felsefi hareket vurgulanan noktanın değişmesinden yanaydı. Yeni hareket "bilimsel ölçüt"ün önemi üzerinde durdu. Bu hareketin seleflerinden biri olan on üçüncü yüzyıl yazarı Roger Bacon şöyle düşünüyordu:[27]

> Bilgi edinmenin iki yolu vardır; uslamlama yolu ve deneyim. ... Uslamlama bir sonuca varır ve bizim de aynı fikirde olmamızı sağlar. Ancak uslamlamanın, şüpheyi, aklın kendini doğrunun sezgisine bırakabileceği şekilde etkili bir biçimde ortadan kaldırabilmesi için, doğrunun, deneyimin yollarıyla keşfedilmesi gerekir.[28]

Güya çok katı olan çağdaş bilimin hiçbir kuramı bütün olgularla uyuşmaz. Akla yatkın görünen bazı genel ilkeleri kabul eder ve bunlara dayanarak olguları mümkün olduğu kadar iyi türetmeye çalışırız. Bir kuramı olgularla tek bir anlaşmazlığı olduğunda reddettiğimizi söylemek kulağa çok

hoş gelir;* fakat yeni bir kuram bulunmadan önce kimse böyle bir şey yapmayacaktır. Buna güzel bir örnek, 18. yüzyılda bilim insanlarının "filojiston"dan çıkan sonuçlarla ters düşen bir olgunun keşfedilmesine rağmen bu hipotezden vazgeçememeleridir. Saf bir metal, örneğin kalay, havada ısıtıldığı zaman "metal kireci" denilen toprağımsı bir maddeye dönüşür ve bu işleme "kalsinasyon" adı verilir. Bu olay, saf ve parlak bir metalin havada ısıtıldığı zaman filojiston (ısı-maddesi anlamına gelen Yunanca kelime) denilen bir maddenin açığa çıkması şeklinde açıklanıyordu. Bu maddeyi bırakarak, parlak metal yanıcı olmayan metal kirecine dönüşüyordu. Kalsinasyon, filojistonun metalden ayrılması olduğundan, geriye kalan metal kirecinin en başta ısıtılan metalden daha hafif olması beklenir; oysaki durum bunun tam tersiydi. "Metal kirecinin metalden daha ağır olduğu 18. yüzyıl boyunca biliniyordu, fakat bu olgu filojiston teorisi için vahim bir durum olarak görülmüyordu." Bu gerçeği ortaya koyan James Bryant Conant,[29] şöyle der:

> Size önemli bir noktadan bahsedeyim. Bu durum o günün deneysel filozoflarının aptallığını mı gösterir? Kesinlikle hayır; bu sadece bilimin karmaşık uğraşları içinde, insanın çeşitli olguların hesabını vermek ve bunları kavramsal bir şemaya yerleştirmekle meşgul olduğunu gösterir; tek bir olgu kendi başına şemayı yıkmak için yeterli değildir. Kavramsal bir şemadan, uzlaşmaya varamadığı birkaç inatçı olgu yüzünden hiçbir zaman vazgeçilmez; ya kavramsal şemada değişiklik yapılır ya da yerine daha iyisi geçer, hiçbir zaman yerine geçecek başka bir şey olmadan ondan vazgeçilmez.[30]

Bir kuram veya kavramsal şemadan çıkarılan sonuçlarla çelişiklik içinde olan belirli bir olgu keşfedildiği zaman, bu çe-

* Bir kuram için, "reddedilme" (rejection) ile "çürütülme" (refutation) farklı kavramlardır. (çev.)

lişkiden kesin olarak öğrenebileceğimiz tek şey "teoride hatalı bir şeyler olduğudur"; fakat neyin hatalı olduğunu tam olarak bilemeyiz. Bir kuram, birbirlerine karmaşık yollarla bağlanabilen çok büyük sayıdaki önermelerden meydana gelir. Yeni keşfedilen olgu bu önermelerden hangisinin yanlış olduğunu söylemez. Bilim insanlarının konuştuğu dilde, eğer bir kuramın "temel" önermelerini reddetmek bir zaruret haline geldiyse, bu kuram olgular tarafından "çürütüldü" deriz. Peki, bir kuramın zorunlu olan ve zorunlu olmayan parçalarını hangi ölçüte göre ayırt edebiliriz? 1. Bölüm 3. Kısım'da "bir teorinin temel parçaları"nın aslında "o teorinin belirli bir amacı için temel" anlamına geldiğini söylemiştik. Buna göre belirli bir olgunun bir teoriyi çürüttüğünü söyleyemeyiz; yalnızca bu olgunun teorinin belirli bir amacıyla bağdaşmadığını söyleyebiliriz. Bu amaç için zorunlu olmayan önermelerde değişiklikler yapmak ve böylece yeni olgu ile anlaşma sağlamakta ise serbestiz.

Bu durumun örnekleri üzerinde daha sonra durabiliriz; ama bir kuram ile bir uçağın ayrıntılı çizimlerini karşılaştırarak da durumu kolayca anlayabiliriz. Uçak irtifa kaybetmeye başlarsa, yalnızca "bir şeyin yanlış olduğu" sonucuna varabiliriz. Bu hata elimizdeki çizimin herhangi bir parçasında olabilir veya yakıtın kalitesiyle ilgili bir durum ya da başka bir şey olabilir. Elimizdeki "çizimin yanlış" olduğu sonucuna varamayız; belki de çok küçük bir değişiklik yaparak dört dörtlük uçuş özellikleri olan bir uçak tasarımına ulaşabiliriz. Bu durumda, değişiklik yapıldıktan sonra, elimizdeki ilk çizimin yanlış olduğu ispatlandı mı diye sorabiliriz. Cevap, yapılan mecburi değişikliklerin "temel" parçalarda olup olmadığına bağlıdır. Öğrendiğimiz kadarıyla, "temel" her zaman belirli bir amaca gönderme yapar. Bir uçağın beklenen hareketi yerine getirememesi, çizimden vazgeçmek zorunda olduğumuzu "ispatlamaz".

Belirli bir kuramın reddedilip reddedilmeyeceğine karar verebilen "kritik deney"* ile ilgili bugüne kadar pek çok şey söylendi. Tek başına bir deneyin bir "kuramı" çürütebilmesi için, "kuram" ile hiçbir değişikliği kabul etmeyen belirli önermelerden oluşan bir sistemi kastediyor olmamız gerekir. Fakat gerçekte bilimde "kuram" denilen şey asla bu tür bir sistem değildir. "Eter kuramı" veya ışığın "tanecik kuramından", ya da biyolojideki "evrim kuramından" söz ettiğimizde, bu isimlerin her biri çok çeşitli mümkün sistemlere karşılık gelirler. Bu durumda, hiçbir kritik deney bu türden sistemleri çürütemez. Arago'nun[31] ışığın tanecik kuramını sınamak için 1850'de yaptığı "kritik deney" meşhur bir örnektir. Bu kuram 1855'te çürütüldü; fakat 1905'te Einstein[32] bunun büyük oranda değişiklik yapılmış, "ışık nicemleri"** veya "fotonlar" diye bilinen halini yeniden kullandı.

Pierre Duhem, *La Theorie Physique, son Objet et sa Structure* [Fizik Kuramı: Amacı ve Yapısı] adlı kitabında açık açık demiştir ki: "Fizikte kritik deney mümkün değildir."[33] Duhem'in üzerinde durduğu örnek, Arago'nun ışığın tanecik ve dalga teorileri arasından kesin bir seçim yapmak niyetiyle düzenlediği deneydi. Duhem, bu iki kuramdan başka üçüncü bir tanesinin mümkün olmadığını kanıtlamanın imkânsız olduğuna işaret etti. Duhem'in bunu yazmasıyla tam olarak aynı yılda, 1905'te, gerçekten de Einstein bu üçüncü ihtimali, yani ışık nicemleri kuramını keşfetti (ya da belki de "icat etti").[34]

Diğer yandan, yeni bir kuram belli bir derece sadelik ve güzelliğe sahip olmadan hiçbir zaman kabul edilmedi. Bu ölçütlerin zincirimizin felsefi ucuyla kesin bir bağları vardır. Bu

* Crucial experiment, experimentum crucis (çev.)

** Light quanta (çev.)

iki ölçüt her zaman iyi bir birliktelik sergileyemediklerinden, bilim ve felsefenin birbirinden tamamen farklı bilgi alanları oldukları fikri oluşmuştur. Bazı insanlar bu iki alanın hiçbir zaman birbirlerine kafa tutmayacaklarına, bunların özerk söylem alanları olduklarına inanırlar. Bilim ve felsefe arasındaki bu ayrı olma durumu, üniversitelerin eğitim programlarında 19. yüzyıl ve 20. yüzyılın ilk yarısında hâkim olan ilişki biçimi olmuştur. Bugün hâlâ yükseköğrenim kurumlarımızdaki tipik tutumdur. Bir taraftan da, daha sonra göreceğimiz gibi, bu ikisi arasında birlik sağlamak için daha açık fikirli bir bilim anlayışıyla yapılan tutkulu girişimler olmuştur.

5. "Bilim" Nasıl "Felsefe" Haline Gelebilir?

Bilim-felsefe ekseninin kırılma sebebinin, bir şekilde evrenin esas yapısını tarif eden makul ve anlaşılır ilkelerin, gözlemlenebilir olgular ve teknik uygulamalar alanlarında pratik sonuçlar vermemesi olduğunu gördük. Galileo ve Newton'ın mekanistik bilimleri geliştiği zaman, kimse bu kanunlar "anlaşılır" mı diye düşünmedi. Daha sonra bu kanunlar teknik amaçlarına çok iyi hizmet edince, gittikçe daha "anlaşılır" veya "felsefi" ilkeler olarak görülmeye başlandı. Bu mekanistik bilimin üç aşamadan geçtiğini görebiliriz. İlk aşamada, kanunlar gözlemlenebilir ilkelerle uyuşmalarından dolayı kabul edilmişlerdi fakat o zamanın anlaşılır ilkeleri olan organizmik ilkelerden türetilemediklerinden tamamen betimleyici olarak görülüyorlardı. İkinci aşamada, mekanistik kanunlar kendinde-apaçık olmak ve anlaşılır olmakla ün kazandılar. Halbuki 20. yüzyılda, gözlemlenebilir olguları mekanistik ilkelerden daha iyi verdikleri düşünülen fizik kuramları geliştirildi. Bu üçüncü aşamada, mekanistik ilkeler hâlâ anlaşılır olarak kabul ediliyorlar ama pratik olarak kabul edilmiyorlardı. Bugün ise insanlar yeni teorilerin –kuantum mekaniğinin, görelili-

ğin– pratik olduklarından kabul edildiklerini (önceden yapılamayan, atom bombası gibi yeni aletler yapabiliyoruz) ama anlaşılır olmadıklarını söylüyorlar.

Bu durumda, tarihsel bir bakışla, anlaşılır ilkeler ile gözlemlenebilir olguları verebilen bilimsel önermeler arasında temelde bir fark olmadığını söylemekte bir sakınca yoktur. Muhtemelen bundan yüz yıl sonra, Einstein'ın $E = mc^2$ formülü kendinde-apaçık bir önerme olarak kabul ediliyor olacak. Bununla beraber, bu ayrım –anlaşılır önermeler ile sadece pratik olan önermeler arasındaki ayrım– bilim ile felsefe arasındaki ayrımın dayanağıdır. Eş merkezli çemberler üzerindeki daimi hareketten Batlamyusçu episikller sistemine, Kopernikçi sisteme, çembersel hareketten tamamen vazgeçilmesine ve eliptik gezegen yörüngeleri anlayışına kadar insanoğlu, bu kuramları her ne kadar anlaşılır ilkelerinin yıkımı anlamına gelse de pratik sonuçlar verdikleri için kabul etmek zorunda kaldı. Şimdi, verdiğimiz bu genel tabloyu bazı örneklerle açıklayalım.

Kopernik, Güneş merkezli sistemini geliştirdiğinde ona karşı çıkanlar yalnızca geleneksel teoloji ve felsefe yanlıları değildi; bilimde deneyciliğe şiddetle inanan yazarlar da ona karşı çıktı. Francis Bacon[35] Kopernik'in "kendi hesaplamalarının iyi olması uğruna doğaya her türlü kurmacayı hiç düşünmeden dahil edebilecek" bir insan olduğunu söyledi.[36] Bu, Kopernik'in doğruluğun yalnızca bilimsel ölçütünü kullandığı ve felsefi ölçütü önemsemediği anlamına da gelir (1. Bölüm, 7. Kısım). Bacon, Kopernik'in sisteminin bir kurmaca olduğunu söyledi; yer merkezli sistemi ise bir hipotez veya kuram olarak görüyordu. Bugün hâlâ birkaç bilim insanı ve filozof, "kurmaca" ile "kuram" arasındaki bu ayrımı sürdürmektedirler.[37] Einstein'ın görelilik kuramına sıklıkla "kurmaca" denilirken Newton mekaniğinin bir "kuram" olduğu düşünü-

lür. Aradaki fark nedir? Bacon gibi konuşursak, "kurmaca", kendisinden matematiksel akıl yürütme ile gözlemlenebilir olguları türetebildiğimiz bir önermeler sistemidir; fakat "kurmacayı" oluşturan önermeler kendiliklerinden anlaşılır veya akla yatkın değildirler. Günlük hayattaki deneyimlerle aralarında analojiler kurularak anlaşılamazlar. 20. yüzyılın fizik kuramlarına "kurmaca" etiketini yapıştıran yazarlar da bu kelimeyi Bacon'la aynı anlamada kullanmaktalar. Bacon ve çağdaşlarını Kopernikçi teorinin "makul ve anlaşılır olmadığını" düşünmeye iten sebeplerden 4. Bölüm'de bahsedeceğiz.

Kopernikçi teorinin Batlamyusçu teoriden teknik anlamdaki üstünlüğü hiçbir zaman inkâr edilmedi; hatta Kilise tarafından bile kabul edildi. Astronomik deneyimler ve kuramlar geliştikçe, bu teori daha fazla kabul gördü. Newton mekaniğinde Güneş, hareket kanunlarını geçerli kılan referans sistemi haline geldi; Dünya dikkate alındığında aynı durum geçerli değildi. Bir referans sistemi olarak Güneş'in daha üstün olduğu daha sonra hiç şüphesiz ortaya konuldu ve Güneş'in bu rolünün farkına varılmasıyla birlikte "hareketsiz" olması gerektiği çok "makul" ve "anlaşılır" bulundu. Durum böyle olunca, koskoca Güneş ve tüm sabit yıldızların, yani temel referans sisteminin hep beraber bizim küçük ve önemsiz dünyamızın etrafında dönmesi "olanaksız" görülmeye başlandı. Kopernikçi sistem, "teknik açıdan kullanışlı" olmaktan, "anlaşılır" veya "felsefi açıdan doğru" olan bir kurama dönüştü.

Ancak kendi içinde anlaşılır olan bir teori ebedi geçerlilikte olacaktır. Eğer gözlemlenebilir sonuçlarından dolayı değil de "kendi ışığından" dolayı doğruysa, yeni deneyimler teorinin geçerliliğine olan inancımızda hiçbir şey değiştiremez. Einstein 20. yüzyılda genel görelilik kuramını geliştirdiği zaman, mekanikte her referans sisteminin eşit derece kabul edilebilir olduğu ve Güneş'in üstünlüğünün evrenin çok sınırlı bir

bölümünde geçerli olduğu ortaya çıktı. Kopernikçi teorinin kendinden anlaşılır olduğu inancı da bir yanılgıya dönüştü.

Oldukça benzer bir şekilde Newton'ın kanunlarına olan yaklaşım da köklü değişimlere uğradı. Newton'ın gezegen hareketleri kuramının iki dayanak noktası vardı: eylemsizlik yasası ve yerçekimi yasası. Bu hipotezlerden herhangi biri Newton'ın çağdaşlarına "anlaşılır" ve hatta "makul" bile görünmüyordu. Oysa bunların verdiği matematiksel sonuçlar bilinen tüm gezegen hareketi gözlemleriyle, hatta karşılıklı sapmalarla bile mükemmel bir uyum içindeydi. Newton'ın teorisi teknik mükemmelliğinden dolayı bilimsel bir "gerçek" olarak kabul gördü; fakat ilk başta "felsefi bir doğru" olarak tanınmadı. Huygens ve Leibniz gibi o zamanın en büyük bilim insanları, "anlaşılır" olmayan ilkeleri kabul etmeye istekli değillerdi.[38] Tıpkı Bacon'ın Kopernikçi sistem için düşündüğü gibi, Leibniz için de eylemsizlik ve yerçekimi yasaları birer "kurmacaydı". Newton da Kopernik gibi, deneyimle uyumlu olacak sonuçlar veren doğru matematiksel akıl yürütmenin davet edeceği her türlü kurmacayı kabul edecek bir insan olarak görülüyordu.

Newton'ın kendisi Leibniz'e yazdığı, bir dergide yayımlanan mektubunda fikirlerini şöyle açıkladı:

> Yerçekiminin etkisi altındaki gezegen hareketlerini yerçekiminin sebebini bilmeden anlamak, bir saat düzeneğini ve çarkların birbirlerine bağlı olduklarını, ağırlığın etkisinin sebebini bilmeden anlamak kadar iyi bir felsefi gelişmedir.[39]

Newton yerçekimi kuramını, gezegenleri hareket halinde tutan ve saat gibi tıkır tıkır işleyen bir düzeneğin tarifine benzetiyordu. Eğer yerçekimi ve eylemsizlik yasaları anlaşılır bir ilkeden türetiliyor olsaydı, bu durumun yasaların idrak edilmesine faydası olacağını Newton da kabul ediyordu; fa-

kat kendini "saf bilimsel" dediğimiz bakışa sınırlamayı ve anlaşılır ilke arayışından vazgeçmeyi tercih etti. "Dolaysız genellikte" ilkelerden başladı. Newton'ın ünlü cümlesi "*hypotheses non fingo*" (ben hipotez uydurmam) bir bakıma şu anlama gelir: "Sadece kurmacalarla çalışıyorum ve anlaşılır ilkeleri umursamıyorum." Newton'ın hedefi kesinlikle "bilimsel doğruydu", "felsefi doğru" değildi.

Fakat Newtoncı yasaların büyük teknik başarıları üzerine, 19. yüzyılın başından itibaren bu kanunların kendinde anlaşılır olduklarına dair inanç istikrarla büyüdü. Eylemsizlik yasası ile kişisel olarak deneyimlenen tembellik arasında analojiler kuruldu ve sonunda Newton'ın yasaları "anlaşılır ilkeler" olarak kabul gördü. Bu konuma ulaştıklarında artık daha ileri deneysel araştırmalardan bağımsız olmuşlardı. Kendinde-apaçık oldukları ilan edilmiş ve gelecekteki tüm fizik sistemlerinde geçerliliğini koruyacak önermeler oldukları kabul edilmişti.

Böylece Newton'ın bilimsel kuramı "felsefi bir sisteme" dönüştü. Bundan sonra Newton'ın kanunlarında değişiklik yapmaya kalkışmak, kendinde-apaçık ilkelerle çelişen bir iş sayılacaktı. Mekanistik fizik, mekanistik bir felsefeye dönüştü. Artık Newtoncı fizikle çelişen her teori "absürttü". Bu tutumun sonuçlarını görelilik kuramı ve nicemler kuramı gibi 20. yüzyıl kavramlarını kabul etmekteki isteksizlikte görebiliriz.

6. Kurgusal Bilim ve Metafizik

Bilimin ilkeleri ile gözlemleri aynı dilde ifade edilmezler. Gözlemlerin dilini (fazla ayrıntıya girmeden) dans eden beneklerle ilgili önermeler olarak tarif ettik; buna karşılık bilimin genel ilkeleri "güç", "potansiyel", "enerji" vb. terimler kullanırlar. Soyut terimlerle ilgili önermelerden hiçbir zaman

gözlemlenebilir olgularla ilgili herhangi bir şey çıkaramayız. Mekanikte, *x, y, z* değişkenlerinin *t* değişkeninin hangi fonksiyonları olduklarını öğrenebiliriz. Fakat bu bize gözlemlenebilir dünyayla ilgili herhangi bir şey söylemez. *x, y, z*'nin değişimlerini nasıl gözlemlemeliyiz? Bilimin mantığı, ilkeler ve gözlemlerden başka, bilimin soyut kavramları ile gözlemsel terimler arasındaki bağlantıyı da içermelidir. Bu bağlantılara "işlemsel tanımlar",[40] bazen de "anlambilimsel kurallar"[41] denir. Bu kuralların tartışılması da bilimin mantığının parçasıdır. Burada ilkelerin anlaşılır olup olmamasıyla ilgilenmiyoruz. Aranan tek şart sonuçların deneyimle uyumlu olmasıdır. Bu onları büsbütün temellendirir ve bilim açısından bakınca bundan daha öte bir temellendirme yoktur.

Bu genel bilimsel bakış açısına dikkatimizi vererek zincirin büyük kısmını atlamış olduk. Bilim insanı zincirin geriye kalanının kendisini hiç ilgilendirmediğini söyleyebilir ama biz bu şeklide konuşmamalı ve düşünmemeliyiz. Konuya bakış açılarından yalnızca biridir bu; birçok insan ise zincirin diğer ucunun tamamen görmezden gelinmesine kesinlikle katılmaz. Anlaşılır ilkeler doğrudan doğruya bilimin yöntemleriyle sınanamadığından, bir ilkenin anlaşılır olup olmadığını nasıl denetleyebileceğimizi sormamız gerekir. Kimileri, bilimsel düşünmeden başka bir tür düşünme daha olduğuna inanır; bunun adı felsefi düşünmedir. Daha başkalarıysa, bunu hiçbir şekilde bilemeyeceğimizi, aklı aşan bir yardıma ihtiyacımız olduğunu, bunun kaynağının da din olduğunu söylerler. Kısacası, insanların bilgiyi çağdaş anlamda bilimin ötesine ve anlaşılır ilkeler alanına götürmeye hevesli oldukları açıktır. Bir de iki bakış açısını bir araya getirenler vardır; insan aklını bilimin mantığı dediğimiz şeyin ötesine genişletmek istemeyen, fakat insan genel ilkelerle meşgul olduğundan, bunların insan aklını aşıp doğaüstü olana başvuran di-

nin alanına girdiğine inananlar vardır. Katı fikirli bilim insanı ile doğaüstüne olan inancın bir araya getirilmesi öyle az rastlanan bir durum değildir.[42]

Felsefenin, bilimde bulunanlardan daha kurgusal bir doğası olan hipotezlerle çalıştığı da düşünülür. Ben bunun doğru olduğunu düşünmüyorum; çünkü bütün hipotezler kurgusaldır. Bilimsel hipotezler ile kurgusal hipotezler arasında hiçbir ayrım yapılamaz. İnsan Newton'ın kanunlarının, elektrik yasalarının vb. bilimsel olduğunu söyler ama tüm insanların ölümden sonra hayata devam ettikleri hipotezini kurgusal sayar. Oysaki bunu deneyle sınamaya çalışanlar olmuştur. Eğer ciddiye alınırsa, bilimsel bir hipotez haline gelebilir. Tabii ki, kural olarak sınava tabi tutulamayacağı bir şekilde ifade edilebilir. Ölümden sonra insanların kendi dilleri ve yasaları olan ruhlara dönüştüklerini ve insanlarla iletişim kurmak için hiçbir araçları olmadığını söyleyebiliriz. Bu bilimsel bir hipotez değildir, çünkü denetlenmesinin hiçbir yolu yoktur. Ne tür bir hipotezdir bu? Metafiziksel bir hipotez olduğu söylenebilir. Bilimsel olmaması, esasen deneyimle denetlenemiyor olduğu gerçeğine dayanır, yani hayali olmasına dayanmaz; çünkü bilimsel hipotezler hayali de olabilirler. Bütün şeylerin maddesel olduğu ve ruh diye bir şey olmadığı söylenebilir. Bu önerme sınanamayacağı bir şekilde ifade edilirse, metafiziksel bir önermedir. Eğer dünyaya dair tüm olguların madde kanunlarından, mesela elektrodinamik kanunlarından, dinamik yasalarından vs. çıkarılabileceği anlamına geliyorsa bilimsel bir hipotezdir. Hayali bir önerme olup metafiziksel bir önerme olmayabilir. Maddeci tezin de başka anlamları olabilir. Dünyadaki her şeyin madde olduğunu ama mekanik yasaları vs.den hiçbir şey türetilemediğini söyleyebiliriz. Bu önerme, kural olarak, denetlenemez ve dolayısıyla metafiziksel bir önerme olduğunu söylememiz gerekir.

Metafiziksel ve bilimsel önermeler arasında bu şekilde bir ayrım yaparız. Bu metafiziksel önermeler ne anlama gelir ve neden onlara bu kadar hevesliyiz? Yalnızca madde olduğunu ya da yalnızca ruh olduğunu söylemek doğrudan evrenin doğasıyla ilgili bir önermedir. Bu önerme neye dayanarak kabul edilir? Pratik işlevi nedir? Böyle önermelerin bilimsel olanlarınki kadar pratik sonucu vardır; insan davranışı üzerinde doğrudan etkileri vardır.

7. Anlaşılır İlkelere Olan İnanç

Eski, klasik anlamda bilim ve felsefenin birliğinin belki de en güzel tarifini Descartes'ın ünlü ağacı verir:[43] Bu ağacın kökleri metafiziğe karşılık geliyordu (anlaşılır ilkeler); gövdesi fiziğe (orta genellikteki önermeler) ve dallarıyla meyveleri de uygulamalı fizik dediğimiz şeye denk geliyordu. Biz bugün bilimi nasıl görüyorsak, o bütün bilim ve felsefe sistemini öyle gördü; metafizik ilkelerinin kendinde-apaçık olmalarıyla değil, "meyveleriyle" nihai olarak doğrulandıklarını düşündü. Bugün uygulamalı bilim dediğimiz alan ona göre sadece mekanikten (mühendislikten) meydana gelmiyor, tıp ve etiği de kapsıyordu; bugün bile toplum mühendisliğinden söz ediyoruz. Buradaki sıkıntı, Kartezyen veya Aristotelesçi bilim-felsefenin genel ilkelerinden gözlemlerle tam olarak uyumlu olan hiçbir sonuç türetilemiyor olmasıydı; oysaki bu ilkeler anlaşılır ve akla yatkın görünüyorlardı. Bu yüzden ağaç ortadan kesildi. Teknik sonuçlar türetmek için gövdedeki fizik ilkelerinden, yani ağacın ortasından başlamak zorunluydu. Bilim, yeni anlayışıyla, yalnızca meyvelerin gövdeden nasıl yetişeceğiyle, onların asıl kaynağı olan kökleri dikkate almadan ilgileniyordu.

Sonraları, 19. yüzyılda, Newton'ın mekanik yasalarının eski birliği yeniden kurdukları düşünüldü. Maddecilik felse-

fesi, mekanik yasalarının Aristotelesçi felsefenin eski organik yasalarıyla aynı rolü oynadıklarını ve her şeyin onlardan türetilebileceği fikrini öne sürdü. 20. yüzyılın başında, mekanik yasalarının da tam olarak ihtiyaçları karşılayamadıkları artık kesin olarak açığa çıkmıştı. O zaman bu duruma çözüm olması için mekanik yasalarını metafizik yasalar olarak elde tutma yoluna gidildi,[44] nükleer fiziğin olgularının vb. orta genellikte olgulardan türetildiği düşünüldü. Bilim tarihine şöyle bir bakarsak, çok tuhaf bir olayla karşılaşırız. Newton'dan sonra, kanunlarına pratik kullanımlarından dolayı saygı duyulmuştu. Bu kanunlar o kadar kullanışlıydı ki bir süre sonra ciddi bir saygınlık kazandılar ve "anlaşılır" ilkeler sayıldılar. Daha sonra ise, bunların pratik yararlarının abartıldığı ortaya çıktı; örneğin nükleer fizikteki olaylar veya maddenin enerjiye dönüşmesi bunlardan çıkarılamıyordu. Bunun üzerine, Newton'ın kanunlarının "itibarlarından" dolayı ve anlaşılır oldukları için korunması gerektiği söylendi.[45] Böylelikle biz de kitabın bu bölümünde değinilecek son konuya gelmiş olduk. Bu ilkelerin "anlaşılır" olup olmadıklarına karar vermekte kullandığımız ölçüt gerçekte nedir?

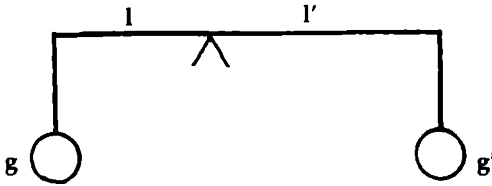
Önceki satırlarda bahsi geçen bu "itibar" bir zamanlar Aristotelesçi yasalara atfedilmişti; başka bir zamanda da Newtoncı yasalara. Bu niteliğe olan inanç, bilimsel geçerliliğe olan inancın yok olduğu zamanlarda da hayatta kaldı. Bu duruma birçok açıklama getirilebilir. Buna verilebilecek basit bir cevap insan aklının tembel olduğunu söylemektir. İnsanlar bilimdeki gelişmelere çok yavaş uyum sağlarlar; ne zaman bilimin bazı genel kanunlarını anlamaya yaklaşsak, bu kanunların yanlış olduğu ispatlanır. Bu açıklamanın iyi tarafları olduğu söylenebilir ama muhtemelen tüm gerçeği yansıtmamaktadır. Kullandığımız bilimsel kanunların farklı derecede dayanıklılıkları olduğuna şüphe yoktur. Bazıların-

dan çok kolay vazgeçeriz –mühendisin günlük işlerinde kullandığı pratik yollar gibi– fakat Newton'ın yasaları çok uzun zamandır hayattaydı. Bu kanunların hakikatte makul olduklarını söyleyebiliriz.

Neden bazı kanunlar diğerlerinden çok daha fazla inandırıcı olurlar? Bu soruyu yanıtlamak için, yeter neden kanunu veya tözün korunması kanunu gibi bazı örnekleri değerlendirmeliyiz. Bunlar neden bize makul görünür? Hiç kimse Ohm'un kanununun veya elektromanyetik indüksiyon kanununun, "kendinde-apaçık" olmak bir yana, "akla yatkın" veya "anlaşılır" olduğunu bile söylemez. Bu olgunun psikolojik çözümlemesini yaparsak, bu genel kanunların makul olmasının, bize tanıdık gelen gözlemlerle aralarında belirgin bir benzerlik olmasında yattığını görürüz. Fizikçiye göre koruma demek, belirli mekanik, ısıl veya elektriksel niceliklerin bir fonksiyonunun sabit kalmasıdır. Farklı alanlarda çok farklı olabilen bu niceliklerin toplamı sabit kalır. Fizikçi bu kanuna dayanarak, düşen bir ağırlığın hızı veya harcanan elektrik gibi sonuçları hesaplayabilir. Sonra da "enerjinin" yok edilemeyen bir töz olduğunu söyler. Doğrudan ve günlük deneyimlerimizin dünyasında yok edilemeyecek gibi görünen pek çok şeyle karşılaşırız. Mesela, yaşadığımız evlerin gözümüzün önünde ortadan kaybolmasını beklemeyiz ve eğer ortadan kalkacak olurlarsa kendimizi onların sadece atom ve moleküllerine parçalandıkları düşüncesiyle rahatlatırız. Bugün artık atomların parçalanabildiğini biliyoruz ama hâlâ kendimizi elektronların yok edilemeyeceği fikriyle rahatlatıyoruz. Sonuç olarak, enerji dışında her şeyin yok edilebileceğini biliyoruz. Çok karmaşık bir şey ile çok basit ve tanıdık bir şeyi karşılaştırmak pek de derin bir düşünme biçimi değildir –fizikçilerin kullandığı enerjinin korunmasının karmaşık önermesini, nesnelerin kaybolmadığının doğrudan gözlemi

ile değiştiririz– ama yeterlidir. İlkeler –günümüzde kuantum mekaniği ve göreliliğin ilkelerinde olan durum gibi– günlük deneyim ile yakın benzerliklerini kaybederlerse bulanıklaşırlar.

Bu noktayla ilgili basit bir örnek verebiliriz. Mekanik çalışanlar genellikle, kaldıraç gibi basit konularla başlarlar. Eğer basit, sürtünmesiz bir kaldıraç için gereken koşulun ne olduğunu soracak olurlarsa, bu koşulun $gl=g'l'$ olduğu cevabını alırlar. (*bkz.* Şekil 2) Bu nasıl elde edilebilir? Kendiliğinden "akla yatkın" değildir, çünkü



Şekil 2

onu bilebilmek için fizik öğrenmek gerekir. Arşimet'in[46] kullandığı uslamlamaya göre ağırlıklar ve uzunlukların eşit olmaları durumunda, kaldıraç hiç hareket etmez; çünkü nereye hareket edeceğini bilmeyecektir. Eğer bu ilke kabul edilirse, genel ilke matematiksel olarak çıkarılabilir. Arşimet, her şeyi anlaşılır bir ilkeden türettiği izlenimine kapılmıştı. Ernst Mach[47] bu uslamlamanın asılsız olduğunu söyledi. Uslamlama, hareketin yalnızca kolların uzunluğu ve ağırlıkların büyüklüğüne bağlı olduğu varsayımını içeriyordu. Oysaki hareket, kolların veya ağırlıkların rengine, hangi maddeden yapılmış olduklarına, hava durumuna, dünyanın manyetik alanına vs. de bağlı olabilir. Kısacası, Arşimet ispatlamak istediği ne varsa onları varsaydı. Bunları yeter neden ilkesinden türetmedi. Bunu yapabilmek için, dünyada var olan sebepleri

bilmesi gerekirdi. Dünyada bilmediğimiz pek çok başka asimetri vardır. Durum tam bir kısır döngüdür. Kaldıraç hareket edemez, çünkü hareket etmek için hiçbir sebebi yoktur. Neden hareket etmek için hiçbir sebebi yoktur? Çünkü yalnızca kolların uzunluğu ve ağırlıkların büyüklüğüne tabidir – iyi ama bu durumda ispatlamaya çalıştıklarımızı zaten biliyoruz. Simetriye dair deneyimimiz veya simetri fikrimiz pek açık değildir. Onu çözümleyecek olursak, hangi etmenlerin gerçekten önemli olduğuna karar vermemiz gerekir; fakat bunu yaptığımızda her şeyi yapmış oluruz, yeter neden ilkesine ihtiyacımız kalmaz.

Anlaşılır ilkelere inanmak için çok üstünkörü sebeplerimiz vardır. Çoğunluk bu güçlü inancın günlük deneyimlerle kurulan bulanık analojilerden kaynaklandığını kabullenmekten hoşlanmaz. Bu hoşnutsuzluk şöyle ifade edilmiştir: Bu ilkelerin tarif edilmesi çok zor bir tabiatı vardır; biz onları "sezgi" yoluyla biliriz. Bu yetenek, alışılagelen bilimde kullanılan ve daha kesin sonuçlar veren yetenekten çok farklı türdendir. Bu ilkeler çok makul olabilirler, fakat uygulanabilir değillerdir; bizi döngüsel uslamlamalara götürürler, tıpkı simetri ilkesinin makul olması ama hangi niteliklerin önemli olduğunu tarif etmediğimiz sürece uygulanamaması gibi. Genel önermeler ile günlük deneyimler arasında kurulan analojiler ancak yüzeysel olabilirler. Bu anlaşılır önermelerin "itibarı" –gözlemlenebilir olgularla hemfikir olmalarından gelen itibardan başka– günlük deneyimle kurulan bu bulanık analojiden gelir. Dolayısıyla, Descartes'ın ağacının köklerini kesersek, geriye kalan, genel bilimsel ilkeleri, bu ilkelerin gözlemlenebilir sonuçlarına bağlı kalmayan ve bu sonuçlara bağlı kalmaktan daha iyi olan bir şekilde anlayabileceğimiz hissini bize geri vermeleri için bulanık analojilere duyulan özlem olur.

8. "Hakiki Bilim"

Ebeveynlerimiz ve öğretmenlerimiz tarafından içinde yetiştirildiğimiz dili kullanmak istersek bilimin ikili bir amacı olduğunu görebiliriz: teknik bilgi vermek ve evreni "anlamamızı" sağlamak. Bu ikili amaç, özellikle bilim ve felsefe arasındaki ayrılığın açıklık kazanmasıyla iyice belirgin hale geldi. Daha sonra tek bir düşünce sistemiyle iki amacı birden gerçekleştirmek imkânsız görünmeye başladı. Birçokları bilimin sadece teknik bilgi verebileceğini ve yalnızca belirli bir teknik değeri olduğunu savundular ve hâlâ öyle düşünüyorlar. "Gerçekten anlamak" için, bize anlaşılır ve akla yatan ilkeler veren ama tam olarak pratik bilgi vermeyen felsefeye ihtiyacımız vardır. Bilim ve felsefe bu şekilde birbirlerinden ayrılmışlardır. Fakat felsefenin pratik bir amaca da hizmet ettiğine kuşku yoktur. Bilim, fiziksel ve kimyasal aletler yapmanın yöntemlerini verirken, felsefe de insan davranışlarını yönetmenin yöntemlerini verir. Yani, felsefi taraf pratik amacına hakiki bilime kıyasla daha da doğrudan bir yoldan ulaşır.

"Hakiki bilim" derken kastettiğim, bilimin, felsefeden ayrı olduğu, alışılagelmiş bilim derslerinde öğretilen aşamasıdır. "Bilimsel açıdan" bakarsak, bilimin mümkün olduğunca az felsefe içermesi gerekir. Öğretmen gözlemlenmiş olgulardan başlar ve bu olguları türetmemizi sağlayacak ilkeleri sunar. "Hakiki bilim" bu ilkelerin anlaşılır olup olmadıklarıyla ilgilenmez. Onun ilgilendiği, sayıca az olan bu "orta genellikteki" ilkelerden çok sayıda gözlemlenebilir olgu türetilebiliyor olmasıdır. Buna bilimdeki ekonomi ilkesi denir. Olabildiğince çok sayıda olguyu verebilecek az sayıda ilkeden başlamak bir tür en az ile çalışma meselesidir. Bilimin hayali tüm olguları tek bir ilkeden çıkarmaktır. Bu büyük ihtimalle başarılamaz. Eğer bu, bilimde başarılamazsa, bilimin ilkelerinin, felsefenin bir tane ana ilkesinden türetilebileceği hayal edilebilir; felsefe

alanında gözlemlenebilir olgularla tam olarak uyumlu olmak gerekli değildir. Bazı Antik Yunanların[48] giriştiği gibi her şeyi suya, ateşe, tine dayandırmak ekonominin çok uç bir örneğidir.

Bilimin olguların bir derlemesi olmadığını her zaman akılda tutmak çok önemlidir. Hiçbir bilim bu şekilde inşa edilmemiştir. Los Angeles'a hangi günler kar yağdığını belirten önermelerin toplamı bilim değildir. Ancak hangi günler Los Angeles'a kar yağacağını çıkarabileceğimiz ilkeler oluşturabildiğimiz zaman elimizdeki bilim olur. Üstelik oluşturduğumuz ilkeler deneyimin kendisi kadar karmaşık olurlarsa, bu ne ekonomi ne de "hakiki bilim" olur. İlke sayısının büyük olması ile tek bir ilkenin çok karmaşık olması aynı kapıya çıkar. İlkeler olguların kendileri kadar karmaşıklarsa, bir bilim oluşturmazlar. Gezegenlerin gökyüzündeki konumlarının sırf gözlemi bilim değildir. Antik bilimciler bu hareketi tarif edecek eğriler oluşturmaya çalıştılar. Önce bunların çember oldukları düşünüldü, daha sonra elips oldukları düşünüldü; ama bunlar ancak gezegenlerin sapmaları yok sayıldığında doğruydu. Sapmalara değinecek olursak, bu eğrilerin denklemleri çok karmaşıktır; terimler o kadar çoktur ki yüz sayfalık bir kitabı doldurabilirler. Bu da gezegenlerin tüm konumlarının kaydını tutmak kadar karmaşıktır. Ne bize bir fayda sağlar, ne de herhangi bir bilim kırıntısı içerir.

Eğer ilkelerin sayısı küçük değilse, eğer sadelik yoksa, bilim de yoktur. Bir insan kurgu istemediğini söylüyorsa, o zaman istediği şey ona sadece bütün olguların verilmesidir; yalnızca bilimin başlangıcındaki adımı ister, bilimin kendisini değil. Bilim insanı çoğu zaman fazla basite indirgemekle suçlanır. Bu bir gerçektir; fazla basite indirgemeyen bilim yoktur. Bilim insanının işi sade formüller bulmaktır. Bazıları bilim insanının hiçbir şeyi anlamamıza yardım etmediğini, çünkü her şeyi fazla sadeleştirdiğini söylerler. Karmaşık şey-

leri "anlamanın", onları fazla sadeleştirmek dışında bir yolunu bilen kimse var mıdır?

Bilim insanı ortaya sade bir formül koyduktan sonra, ondan gözlemlenebilir olgular türetmelidir. Daha sonra gerçekten gözlemle uyumlular mı diye görmek için bu sonuçları denetlemelidir. Buna göre bilim insanının işi üç kısımdan oluşur:

1. İlkeleri ortaya koymak
2. Bu ilkelerden gözlemlenebilir olgular türetebilmek için, onlardan mantıksal sonuçlar çıkarmak.
3. Bu gözlemlenebilir olguların deney ile sınanması.

Bu üç kısım insan aklının üç farklı yeteneğini kullanır. Deneysel sınama gözlem yapma, duyu izlenimlerini kaydetme yeteneğini kullanır. İkinci kısım mantıksal düşünmeyi gerektirir; peki bu durumda ilk kısımdaki ilkeleri nasıl elde ederiz? Bu fazlasıyla tartışmalı bir noktadır. Birçok yazar bunun "gözlemlenen olgulardan tümevarım ile" olduğunu söyler – tümdengelimin tersi.[49] Bilim insanı aynı dizinin sık sık tekrarlandığını gözlemlerse, bunun her zaman böyle olacağı sonucuna varır. Bu durum, satın aldığı atı yemek yemeden yaşamaya alıştırmayı isteyen adamın hikâyesini hatırlatır. Bu adam otuz gün boyunca atın yemek yemesini engellemeyi başarır ve ata yemeden yaşamayı öğrettiği sonucuna varır; otuz birinci günde at ölür. "Tümevarım" bu kadar basit değildir. Yerçekimi ilkesi gibi genel bir ilke bulmak için tümevarımı kullanarak bir yöntem üretmemiz pek olası değildir. Hepimiz, kafasına elma düşünce Newton'ın aklına evrensel çekim kuramının gelivermesi hikâyesini biliyoruz. Bu hikâye gerçek olsun ya da olmasın, burada anlaşılması gereken şey, tümevarımın sistemini böyle bir temele oturtamayacağımızdır.

İş bilimi çözümlemeye gelince, genel ilkelere nasıl ulaştığımızın konuyla ilgisi yoktur. Genel ilkeleri insan rüyasında görüp bulabilir. Bilimin sosyolojik veya psikolojik bir çözüm-

lemesini yapıyor olsaydık bu ilkelere nasıl ulaştığımızın bir önemi olurdu. Fakat "bilimin mantığında" genel ilkelere dair önemli olan nokta, onlara tümevarım ile nasıl ulaştığımız değil, bilimin geri kalanını onlardan tümdengelim ile nasıl elde ettiğimizdir. Bilimin genel ilkelerine ulaşmak için gereken kabiliyete hayal gücü diyebiliriz.[50] En basit durumda bile tümevarımın zorluklarıyla çabucak karşılaşırız. Bir ölçümler serisinin sonuçlarını bir noktalar dizisiyle bir koordinat kâğıdına işaretlediğimizi ve bu sonuçları bir fonksiyon ile göstermek istediğimizi varsayalım.



Şekil 3

Bu yayın olabildiğince düzgün olması gerektiğini hayal ederiz. Eğer bu eğrinin ne olması gerektiğine dair hiçbir fikrimiz yoksa, eğriyi bulamayız. Noktalar hiçbir durumda eğriyi belirlemezler; bir "düzgünlük" ölçütü hayal etmemiz gerekir (*bkz.* Şekil 3). Tümevarım meselesi 13. Bölüm'de daha ayrıntılı tartışılacaktır.

9. Bilim, Ortakgörü ve Felsefe

Şimdi, biraz çelişkili görünen ve kesinlikle fazla basitleştirilmiş bir şekilde ortaya çıkan ayrılık sonrasında bilim ve felsefe arasındaki ilişkiyi tarif edelim. Bu mevzu, iki insan uğraşının ikisinin de etki alanlarının temel özelliklerine dikkatimizi çekecek. Bilimin ilkeleri ortakgörüye çok uzak kalacak şekilde formülleştirilebilir ama bunların deneyle sınanması her zaman ortakgörü deneyimleri düzeyinde yapılır. Ortaya çıkan çelişkili duruma göre felsefe ortakgörüye bilimden daha yakındır. Felsefe, her zaman genel ilkelerin kendileri ile ortak-

görü deneyimlerinin birbirlerine yakından tekabül etmesine ihtiyaç duymuştur. Bilim, kuramsal alanda ne kadar ilerlediyse, bilimin genel ilkeleri ortakgörüden o kadar uzak kalmıştır.

Bilimin olgusal temelini oluşturan gözlem ve deney sonuçları günlük hayatta kullanılan dilde, yani ortakgörü önermeleriyle tanımlanabilirler. Aristotelesçi fizikte ve ortaçağ fiziğinde, taşlar gibi yere düşen "ağır" nesneler ile duman gibi göğe yükselen "hafif" nesneler arasında bir ayrım yapılırdı. Bu, sokaktaki insanın dilidir. Çağdaş fizik yükselmeden önce, 1600 civarında, bu ortakgörü dili sadece gözlemlerin tarifinde değil, bilimin genel ilkelerinin formülleştirilmesinde de kullanılıyordu: "Ağır nesneler düşerler." Herbert Dingle[51] şöyle yazmıştır: "Galileo'nun düşünceye katkılarının ölümsüz şanı, yarı bilinçli bir şekilde de olsa, her günkü ortakgörü dünyasını felsefi bir zorunluluk olmaktan çıkarmış olmasındandır."[52] Galileo'nun kuramsal sisteminde bütün cisimler yere eşit ivmeyle düşer. Ortakgörü deneyimimiz iki hareket türü arasında temel bir farklılık olduğuna işaret ediyor olsa da, Galileo, gezegenler ile düşen bir taşın aynı kanunlara göre hareket ettiği Newtoncı sistemin yolunu açmıştır. Bilimin gelişmesi, büyük ölçüde, ortakgörü dünyasının yerini soyut semboller dünyasının almasında yatar.

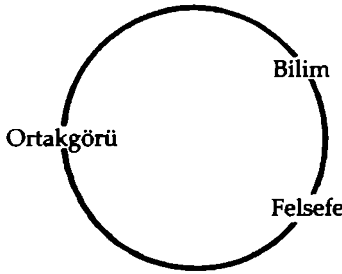
Eğer geniş bir aralıktaki gözlemlenebilir olguları verebilen genel ilkeler oluşturmak istiyorsak, ortakgörü dilini işimize dahil etmemeli ve daha soyut bir terminoloji kullanmalıyız. Herbert Dingle, ortakgörü seviyesinde fizik ve kimya arasında çok kesin bir ayrım olduğunu belirtmiştir. Oysaki çağdaş atom fiziği ve nükleer fizik seviyesinde düşünürsek, artık böyle bir ayrım yoktur. Dingle'a göre: "Gerçek şu ki kimyanın katı bilimlerin arasında yeri yoktur. ... Bilimin gelişmesinde kimyanın rolü faydacı ve bulgusal olmuştur."[53] Kısacası, bugün kimya bir ortakgörü terimidir, bilimsel bir terim değildir.

Dikkat çektiğimiz noktalar, çağdaş bilimi anlamak için oldukça önemlidir. Önceden bilimsel dilde kullanılan pek çok terim artık kullanılmamaktadır; çünkü çağdaş bilimin genel ilkeleri ortakgörü diline çok daha uzak terimlerle çalışırlar. "Madde", "akıl", "sebep ve sonuç" gibi ifadeler bugün yalnızca ortakgörü terimleridirler ve katı bilimsel söylemde yerleri yoktur. Bu evrimi görebilmek için, 20. yüzyıl fiziğini, 18. ve 19. yüzyıllardaki selefleriyle karşılaştırmamız gerekir. Newtoncı mekanik "kütle", "güç", "konum", "hız" gibi terimleri ortakgörüdeki kullanımlarına yakın görünen bir şekilde kullandı. Einstein'ın yerçekimi kuramındaki "bir olayın koordinatları" veya "tensör potansiyelleri" gibi terimler ile ortakgörü dilimizin ifadeleri arasında çok uzun açıklama zincirleri vardır. Bu durum, kuantum teorisinin "dalga fonksiyonu", " konum matrisi" vb. terimleri söz konusu olunca daha da açıklık kazanır. 1933'te Oxford'daki bir konuşmasında Einstein "bir tarafında temel kavramlar ve kanunlar, diğer tarafında deneyimlerimizle uyumlu hale getirilmeye çalışılan sonuçlar olan ve devamlı genişleyen bir açıklıktan; mantıksal yapıya bütünlük kazandırılması konusunda ilerleme kaydedildikçe, yani, sistemin tamamının temeli için gerekli olan, mantıksal olarak bağımsız elementlerin indirgenmesiyle, daha da hızlı büyüyen bir uçurumdan" bahsetmiştir.[54]

Gözlem ve deneylerimiz, ilkelerdeki tüm değişimlerden bağımsız olarak hep aynı şekilde ortakgörü dilinde tarif edilmişlerdir. Bunun sonucunda bilim, evrenin aynı resminde farklı dillerin kullanılmasına gittikçe daha fazla alışmıştır ve bu farklı dilleri tek bir tutarlı sisteme sığdırmak bilim insanının önemli görevlerinden biri haline gelmiştir. Herbert Dingle haklı olarak şöyle demiştir: "Eğer bilimsel felsefeyi ortakgörü kavramlarının işgalinden kurtarmanın zorunlu olduğunu vurguluyorsam, bu ortakgörüyü küçümsediğimden

değil, bugün bu karışıklığın çok büyük bir tehlike barındırmasındandır."[55]

Bu karışıklıktan dolayı, genellikle bir felsefeci ile bir bilim insanı genel ilkeleri tartıştıkları zaman felsefeci, bilimcinin ilkelerinin anlaşılmaz olduğunu söyleyerek itirazda bulunacaktır. Zincirimizin iki ucundaki başlıca ayrım burada yatar. Bilimsel uçta ortakgörü ile uygunluk doğrudan gözlem seviyesinde yakalanır; felsefi uçta ise ortakgörü ile uygunluk soyut ilkelerin kendilerinin düzeyinde bulunur. Fransız filozof Édouard Le Roy,[56] bu duruma oldukça çizgisel bir tarif getirmiştir. Bilim ortakgörüden başlar ve tümevarımla genellemeden ya da hayal gücünden bilim türetilir; fakat türetilen ilkelerin kendileri ortakgörüden çok uzak olabilirler. Bu ilkeleri doğrudan ortakgörü ile bağlamak da filozofların yaptığı iştir. Şöyle bir diyagram çizebiliriz.



Şekil 4

Bu diyagrama göre bilimden ortakgörüye giderken takip edilebilecek iki yol vardır. Bilimsel yol (matematiksel çıkarım ya da deneysel doğrulama ile), genellikle çok uzun bir yoldur. Dolayısıyla insan bu ilkelerin doğrudan makul hale geleceği bir yola ihtiyaç duyar; yani ortakgörüye bağlanabilecekleri daha "kestirme bir yola". Bilimsel ilkeler, felsefi yorumlamalar aracılığıyla ortakgörü ile dolaysız ilişkilendirilirler.[57] Bu

diyagramın dört dörtlük olduğunu söyleyemem, ama insan aklının yapısıyla ilgili bir fikir vermektedir. Felsefe bilime, bilim insanının "bilimci olarak" hiç ilgilenmediği bir şey katar. Bilimci de insandır ve bilimin genel ilkelerinin kendi içlerinde makul olmalarını istemeye zayıflık denecek olursa, onun da zayıf yönleri vardır. Fizik öğretmeni, kanunları daha akla yatkın yapan en ufak bir ipucuna bile öğrencilerin her zaman minnet duyduklarını görür. Bu durumda bunun herkesin ilgisini çektiğini söyleyebiliriz. Dediğimiz gibi, bilim insanları bu konuyla pek ilgilenmezler; fakat bu bize insanların genel olarak bilimi akıllarına uygun hale nasıl getirdiklerini ve bilimi nasıl tasavvur ettiklerini gösterir.

3. BÖLÜM

GEOMETRİ: BİLİME BİR ÖRNEK

1. Felsefenin İdeali Olarak Geometri

C. S. Peirce, 1891'de, "Metafizik her zaman matematiğin taklitçisi olmuştur," diye yazdı;[1] Platon'un, geometri eğitimi almamış felsefe öğrencilerini Akademi'ye kabul etmediği de iyi bilinir.[2] Peirce bu gerekliliği şöyle açıklar: "Geometri, mutlak kesinliğe sahip felsefi ilkelerin ispatlı bir sistemine ilişkin bir fikir veriyordu ve metafizikçilerin fikirlerinin büyük kısmı her zaman matematikten alınmıştı."[3] Gayri-Öklidyen geometri örneği, geometrinin belitlerinin bile kendinde-apaçık ve "ebedi geçerlilikte" olmadıklarını gösterince, metafizik ilkelerinin kendinde-apaçık olduklarına duyulan inanç derinden sarsıldı. Peirce şöyle yazdı: "Metafiziğin belitleri geometrik belitlerin taklitleridir; bunlardan ikincisi bir tarafa atıldığına göre, birincinin de sonunun aynı olacağı ortadadır."[4]

Geometride yakalanan ileri derece kesinliğin, bilginin diğer alanlarında da buna benzer bir başarıya ulaşılabileceği konusunda umutlar doğurduğunu biliyoruz; hepsinden önemlisi de bütün bilginin sentezinde, yani felsefede. René Descartes,[5] çağdaş felsefenin başlangıcındaki yol göstericilerden olan ünlü *Yöntem Üzerine Konuşma* adlı kitabında, geo-

metriye atfettiği felsefeye rehberlik etme rolünü açık bir şekilde betimlemiştir:

> Geometricilerin, en zor kanıtlamalarının sonuçlarına varmakta kullanmaya alışkın oldukları, sade ve kolay akıl yürütmelerden oluşan uzun zincir, insanın bilmeye yetkin olduğu her şeyin, aynı şekilde karşılıklı olarak birbirlerine bağlı olduğunu düşünmeme; yanlış olanı doğru olarak kabul etmekten kaçındığımız, bir doğrudan diğerini çıkarmak için zorunlu olan sırayı aklımızda tuttuğumuz sürece, ulaşamayacağımız kadar bize uzak ya da keşfedemeyeceğimiz kadar gizli olan hiçbir şey olmadığını hayal etmeme sebep oldu.[6]

Geometrinin izlediği yol bilimin öteki alanlarının hepsinden daha tatmin edici sonuçlar verdiğinden, Descartes ondan genellemeler yaptı ve doğruyu bulmakta ona rehberlik edecek dört adet mantık kuralına ulaştı. Bu kuralları şöyle tarif etti:

> Birincisi, açıkça öyle olduğunu bilmeden hiçbir şeyi doğru olarak kabul etmemekti; yani, aceleci davranmaktan ve önyargılı olmaktan dikkatli bir şekilde uzak durmak, şüphenin tüm mümkün gerekçelerini saf dışı bırakmak için, aklıma açık ve seçik bir şekilde sunulandan fazlasını vardığım yargıya dahil etmemekti.[7]

Bir şeyi "açık ve seçik" bilmeye "doğruluğun Kartezyen ölçütü" adı verilmiştir. Bu ölçüt, aslında bilimin genel ilkelerine dair Aristoteles tarafından ortaya konulmuş olan gereklilikten çok da farklı değildir. Aristoteles'e göre, bilimin genel ilkelerinin, "bizce bilinebilir olan" ama "doğası gereği örtük" olan bulanık duyu izlenimlerinin aksine, "anlaşılır" veya "doğası gereği bilinebilir" olması gerekir (*bkz.* 1. Bölüm).

Descartes şöyle devam eder: "İkincisi, inceleme altındaki her bir zorluğu, mümkün olduğunca çok ve yeterli bir çözüm için zorunlu olabilecek sayıda parçaya ayırmaktır."[8] Açıkça görülüyor ki Descartes'ın "ikinci kuralı" aynı zamanda tam

olarak geometricinin kullandığı yöntemin bir genellemesidir. Bu yöntem, geometrinin belitleri kullanılarak bir üçgenin açılarının toplamının 180 derece olduğu ispatlanacaksa, her biri en eğitimsiz akla bile geçerli görünen basit, mantıksal sonuçlar olan küçük adımlarla ilerler. Bu şekilde küçük adımlarla ilerlemek Descartes'ın ikinci kuralıyla koştuğu şarttır.

Geometrinin bütün bilimler ve hatta felsefeye örnek olmasına sebep olan özelliği şöyle ifade edilebilir: Geometride, belitler ve teoremler olmak üzere iki çeşit önerme vardır. Bu ikisinden yalnızca teoremler akıl yürütmeyle ispat edilebilir; belitlerin doğruluğu ise akıl yürütmeyle değil doğrudan sezgiyle bilinmelidir; yani akıl gözüyle ya da bu yeteneğe her ne isim veriliyorsa onunla. Geometrinin bu şekilde anlaşılması tüm zamanların filozoflarının örneği olmuştur. Çağdaş felsefenin başlangıcında, Blaise Pascal'ın[9] şu sözleri vardır:

> Uzay, zaman, hareket, sayı gibi ilk ilkelere dair bilgimiz, akıl yürütme ile elde edilmiş herhangi bir bilgi kadar kesindir. Gerçek şu ki, kalbimiz ve sezgimizin bize sağladığı bu bilgi, usumuzun vardığı sonuçların zorunlu temelidir. ... Eğer usumuz, kalbimiz bir ispat sunmadan ilk ilkelere razı olmazsa, bu talep kalbimizin fazladan düşünce ile dayatılmadığı sürece hiçbir ispatı kabul etmeye razı olmaması kadar tuhaf olacaktır.[10]

Birbirlerine ne kadar uzak olurlarsa olsunlar farklı felsefe sistemlerinin hepsinde ortak olan iki düşünce vardır. Birincisi, gözlemlenebilir olgulara dair, duyu gözlemlerinden yapılan tümevarıma dayanmadıkları halde (ya da belki de bu sayede) kesin olarak bildiğimiz önermelerin var olduğu fikridir. İkincisi ise, bu önermelerin varlığının, matematik önermeleri örneği ile "kanıtlandığı" fikridir. Zira bu önermeler kesin olarak bilinir ve bu kesinlik deneysel olgulara dayanmaz. Alman idealist[11] filozof Immanuel Kant ile Fransız rasyonalist[12] Descartes arasında ciddi bir uyuşmazlık vardır. Fakat Kant,

"hakiki felsefenin", "metafiziğin" imkânına olan inancın, varlığıyla "anlaşılır ilkelerin" mümkün olduğunu kanıtlayan geometri örneğine dayandığını Descartes ve Pascal'dan bile daha ısrarcı bir biçimde vurgulamıştır. Kant'ın sözlerini anlamak için tek bilmemiz gereken "sentetik önsel yargı"*[13] ile demek istediğinin, bizim gözlemlenebilir olgulara dair önerme dediğimiz, hakiki duyu gözlemi olmadan aklın gözleriyle algılanan ama hakiki duyu gözlemleriyle bilimsel açıdan sınanabilen ve sınanması gereken önerme olduğudur. Kant, *Gelecekte Bilim Olarak Ortaya Çıkabilecek Her Metafiziğe Prolegomena* adlı çalışmasında şunları yazmıştır:[14]

> Metafiziğin hakiki bir bilim olduğunu varsayamasak da, belirli saf önsel sentetik bilişlerin,** saf matematik ve saf fiziğin, hakiki ve verili olduklarını güvenle söyleyebiliriz; çünkü bunların ikisi de mutlak kesinlikte ... ve aynı zamanda deneyimden bağımsız olarak kabul gören önermeler içerirler. Bu durumda en azından bazı sentetik bilgiler tartışmasız bir şekilde önsel olarak vardır ve bunlar zaten hakiki olduğundan, mümkün olup olmadıklarını sormaya ihtiyaç yoktur. ...

Önde gelen felsefi okulların bu ortak görüşünü değerlendirirsek, geometriyi tamamen bilimsel açıdan incelemek ve geometrinin hakikaten bir tarafta "iç görü" ile belirlenen belitlerden, diğer taraftan da bunlardan mantıkla türetilen teoremlerden oluşup oluşmadığını ortaya çıkarmak iyi bir fikir gibi görünür. Gerçekten de, 19. yüzyıl boyunca matematikçilerin ortak görüşü buydu. Bunu geometri anlatan herhangi bir ortalama ders kitabında görebiliriz. Mesela, W. W. Bemann ve D. E. Smith'in 1899 tarihli *New Plane and Solid Geometry* [Yeni Düzlem Geometrisi ve Çok Yüzlülerin Geo-

* Synthetic *a priori* judgement (çev.)

** *A priori* synthetical cognitions (çev.)

metrisi] kitabını ele alalım.[15] Bu kitapta şöyle bir düşünceyle karşılaşırız: "Geometrik önermelerin küçük bir kısmı o kadar apaçıktır ki bunların doğruluğu sorgusuz sualsiz kabul edilebilir." Yazarlar bu "apaçık önermeleri" Öklid'in yaptığı gibi belitler ve postulatlar diye iki türe ayırırlar. Aristoteles ve Kant'ın kapsamlı felsefi terminolojilerinin bütünü, "doğası gereği anlaşılır" ve "sentetik önsel" yüklemleri, bu kitapta bir hayli masum olan, "apaçık" ve "sorgusuz sualsiz kabul edilebilir" isimleriyle karşımıza çıkar.

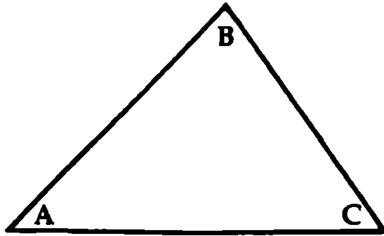
Aşağı yukarı 1900'de, "yalıtılmış haldeki felsefe"yi ("metafizik"i) en sevdiği örneğinden mahrum bırakan yeni bir geometri anlayışı gelişti ve bilim ile felsefenin yeniden bir araya gelmesini mümkün kıldı. Geometriye bakıştaki bu değişiklik, aslında bilim ile felsefe arasındaki ilişki üzerinde belirleyici bir etkisi olan bir değişiklikti. Hemen hemen aynı zamanlarda, fizikte, bilim ve felsefeye dair geleneksel düşüncelerimizde temelden düzenlemeler gerektiren, büyük değişiklerin meydana gelmesi, yeni görelilik ve nicem kuramlarının ortaya konulması rastlantısal değildir.

2. Geometride "Anlaşılır İlkeler" ve "Gözlemlenebilir Olgular"

Sıradaki konumuz, bilime bir parça "ayrılmış felsefe" ilave eden 19. yüzyıldaki geleneksel bakış açısından, 20. yüzyıldaki bakış açısına geçiş; belitlerin "anlaşılır ilke" rolünü üstlenmelerinden, 20. yüzyıldaki rollerine geçiş. Bilimin farklı yönlerini; duyu gözlemleri, mantıksal akıl yürütme ve yaratıcı hayal gücüne verdiği farklı yerlere bakarak nitelendirebiliriz. Bunu anlamak için yapabileceğimiz en iyi şey, özel bir bilimi ayrıntılı olarak anlamaya çalışmaktır. Örneğin, *düzlem geometrisini* ele alalım. Eski bir söz vardır; "Tek bir ot yaprağını anlarsan, bütün evreni anlarsın." Biz de bilimin düzlem geometrisinde-

ki yapısını anlarsak, başka bilimlerdeki yapıyı anlama konusunda da epey bir yol gitmiş oluruz.

Çok şey "ispatlayabilen" bir alandan başlamak iyi fikirdir. Geometride mantıksal uslamlamaya büyük iş düştüğünü herkes bilir. Mantıksal uslamlamanın geometride hangi işi yaptığını anlamak için, genel olarak bilimde yaptığı işin bütününü anlamamız gerekir. Elimizde şöyle bir soru vardır: Geometride, duyu gözlemleriyle ispatlanabilen olguları nasıl "ispatlarız"? Genellikle kendinde-apaçık oldukları düşünülen belirli belitlerden başlarız. Daha sonra bu belitlerden mantıksal çıkarımlarla "teorem" denilen başka önermeleri türetmeye çalışırız. Geometride, en yeni başlayan öğrenciye bile "anlaşılır ilkeler" (belitler) ile gözlemlenebilir olguların birbirinden farklı olduğu öğretilir; öğrencinin bunun için Aristoteles okuması gerekmez. Alışılmış geometri eğitiminde, ispat edilebilen ile deneyde gözlemlenebilen arasında belirli bir ahenk olduğu izlenimi verilir. Mesela, bir üçgen düşünelim:

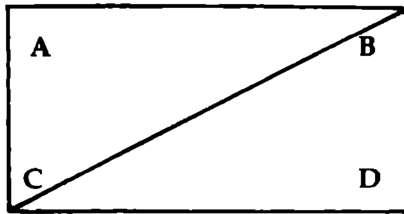


Şekil 5

Tüm üçgenlerde $A + B + C = 180°$'dir. Öğrenci bunun nasıl "ispatlandığını" öğrenir. Sonra da iletkiyle açıların toplamını ölçer ve eğer şanslıysa bu toplam 180° civarındadır. Bu durum onda mantıksal düşünce ile doğa arasında kesinlikle bir ahenk olduğu izlenimini uyandırır. Aslında bu, geometri öğretmekte kullanılan geleneksel yöntemlerin ürettiği bir fikirdir. Öğrenci bu izlenimi bir kere geometride kazandı

mı fizikte de devam ettirir. Fizikte öğrendiği bazı ispatlarda mantıksal sonuçlar ve deney sonuçları o kadar iç içe girmiştir ki, en iyi öğrenciler bile onları pek anlamayacaklardır. Bir teorem varsayılır ve ondan başka bir teorem türetilir; oysaki ilk teorem de aslında kesin değildir. Bu duruma doğru bir açıklama getirerek kafa karışıklığını önleyebiliriz. Geometride nelerin ispatlanıp nelerin ispatlanamayacağını en başından ortaya koymak daha kolaydır. Neyin gözlemlendiğini ve neyin ispat edildiğini ayırt etmek kolaydır; ve neyin "anlaşılır bir ilke" olduğunu... Bütün bunları geometriden öğrenebiliriz.

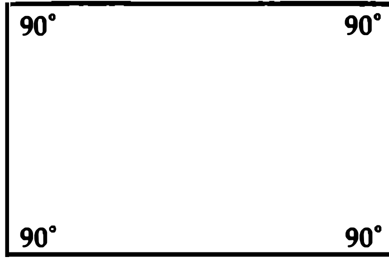
Çoğu zaman bir önerme kendiliğinden "anlaşılır" veya kendinde-apaçık görünmez ama önermenin tabii sonuçlarından biri oldukça makul ve hatta kendinde-apaçık görünür. İlk bakışta, bir üçgenin açılarının toplamının 180° olduğunu söyleyen önerme pek ikna edici değildir; fakat bu önerme onu çok daha makul gösterecek başka bir şekilde ifade edilebilir. *ABCD* dörtgeni *BC* köşegeni ile iki üçgene bölünürse ve bu üçgenlerin her birinde açıların toplamı 180° ise, dörtgenin dört açısının toplamı 360° olur.



A + B + C + D = 360°

Şekil 6

Bu durumda *A, B, C* ve *D*'nin hepsinin birbirlerine eşit oldukları bir problem düşünebiliriz. Yani, $A = B = C = D$. O zaman bunların her biri dik açıdır ve dörtgenimiz de bir dikdörtgendir.



Şekil 7

Dolayısıyla, "bir üçgenin açıları toplamı 180°'ye eşittir" önermesinden, dikdörtgenler inşa edebileceğimiz sonucu çıkar. Dikdörtgenlerin varlığı da bize çok makul gelir. Dikdörtgenlerin veya karelerin olmadığına inanmayı hiç istemeyiz. Dikdörtgenlerin varlığı deliksiz tuğla duvarlar örmeyi mümkün kılar. Dikdörtgenler olmadan inşaat işlerini alıştığımız şekilde yapamayız; hayatımız bambaşka bir hal alır. Görüldüğü gibi, bir üçgenin açılarıyla ilgili teorem medeniyetimizin teknik yanıyla yakından ilişkilidir.

Bir tarafta geometri kanunlarının mantıkla türetildiği fikri vardır; diğer taraftan da bunlar "işin usulünü bilmenin" teknik yasaları gibidir. Bu durum, insanın kendisine, anlaşılır ilkelere dayanan bir hayat biçimi seçmesi gerektiği fikrine katkıda bulunur. Deneysel olguları anlaşılır ilkelerden çıkarabileceğimize inanmak düşünce ağımızın önemli bir parçasıdır. Bunun geometride ne derece doğru olduğunu veya olmadığını araştırmak çok önemlidir. Belitler olmadan, geometri olmaz; geometride her şey belitlerden başlamak zorundadır. Ders kitapları şu soruya çok az yer ayırır: Belitlerin doğru olduklarını nasıl biliriz? Bu bir matematik sorusu değildir ve diğer geçerli bilim alanları tarafından da çalışılmaz. Birçok matematik öğretmeni bu sorunun hiçbir anlamı olmadığını söylemiştir. Sırf matematiksel açıdan bakınca durum böyle-

dir; çünkü bu konuyu tartışmayı sağlayacak herhangi bir matematik yöntemi yoktur. Fakat daha sonra göreceğimiz gibi, konu başka bir yoldan ele alınabilir.

3. Descartes, Mill ve Kant

Geometrinin temellerine dair üç görüşten bahsedeceğiz. Bunlardan biri Platon ve Aristoteles'e, yani anlaşılır ilkelere kadar uzanır. Yarı-sezgisel bir şekilde, belitlerin doğru olduğunu "aklın gözüyle" gördüğümüzü söyler. Bunu belki de en güzel şekilde betimleyen, Fransız matematikçi ve filozof Descartes'tır.[16] Ona göre belirli ilkelerin kendinde-apaçık olması, bunları anladığımızda aynı zamanda doğru olduklarını da anladığımız anlamına gelir. Descartes'ın iddiası şudur: "Hakikaten doğru oldukları (gözlemle) ortaya çıkacak özellikleri (bir üçgeni hayal ederek) ispatlayabilirim; bu demektir ki bunların kaynağı bir üçgenin özüdür. Aklım bu özü kavramaya yetkin olmalı. Aksi halde bu özellikleri ispatlayamazdım." "Akılcılık" denilen bir düşünce okulundan bahsetmekteyiz; buna göre insan, aklının gücüyle, mesela bir üçgenin özünü kavrayabilir. Descartes şöyle yazmıştır:

> Figürlere, sayılara, harekete ve benzerlerine ilişkin, doğru oldukları öylesine apaçık ve benim doğamla öylesine uyum içinde o kadar çok sayıda tikeli keşfediyorum ki, onları keşfettiğim zaman hafızama dönüp daha önce aklımda ne olduğuna bakacak kadar yeni bir şey öğreniyor gibi değil de, şimdiye kadar dikkatimi vermediğim bir şeyi öğreniyor gibi görünüyorum. ...

Descartes'ın "akılcılığının" tersine "deneycilik" okulu, geçerliliği yalnızca aklın gücüyle doğrulanabilecek ilkeler olmadığını iddia etmiştir. Deneyci filozof John Stuart Mill'e göre, belitler de geri kalanların hepsi gibi deneysel önermelerdir; tek farkları daha basit olmaları ve daha geniş bir temele sahip olmalarıdır. Akılcı, üçgenden hayal gücümüzün bir nesnesi

olarak bahseder; deneyci ise üçgeni fiziksel bir nesne olarak ele alır. Bir bakıma, üçgenin her iki hali de meşrudur; aksi takdirde ilkeleri olgular ışığında sınamak mümkün olmazdı. Descartes'tan iki yüzyıl sonra, 1848 tarihli *A System of Logic* [Bir Mantık Sistemi] adlı kitabında John Stuart Mill şöyle der:[17]

> Geometrinin ilk ilkelerinin ayırt edici özelliği olarak kabul gören onlara özgün doğruluk kurmaca gibi görünür. Geometrinin sonuçlarının zorunlu doğrular oldukları olumlandığı zaman, bu zorunluluk gerçekte sadece şu şekilde var olur: Bunlar kendilerinden çıkarsandıkları varsayımları doğru şekilde takip ederler. Bu varsayımlar zorunlu olmak bir tarafa, doğru bile değillerdir; doğrudan büyük ölçüde denebilecek kadar kasıtlı olarak saparlar. ... Bize düşen, belitlere olan inancımızın temelini araştırmaktır, bunların hangi delile dayandıklarını bulmaktır. Benim cevabım şudur: Bunlar deneysel doğrulardır; gözlemlere dayanan genellemelerdir. "İki doğru bir uzayı çevreleyemezler" önermesi (Öklid'in "iki nokta bir ve yalnızca bir doğruyu belirlerler" belitini ifade edişi), duyularımızın sunduğu delillere dayanan bir tümevarımdır.[18]

Aristoteles'in "anlaşılır ilkelerinin" en dikkat çekici örneği olan geometri belitleri, deneyci olan Mill'e göre duyu gözlemlerinin sonuçlarıdır. Öte yandan, ilkelerden çıkarılan sonuçlar aklın ürünleridir. Görünüşe göre akılcı düşünce ile deneyci düşünce birbirinden tamamen farklı olan ama ikisi de var olan şeylerden bahsederler. Hayal ürünü bir üçgen ile fiziksel nesne olan arasındaki bağlantı nedir? Akılcı, üçgenin özelliklerini "üçgene aklının gözleriyle bakarak" bulabileceğini düşünür. Fakat belli ki aklı yalnızca hayal ürünü bir üçgene bakabilir; maddi nesnelerin dünyasından fiziksel bir üçgene bakamaz. Deneyci ise fiziksel bir üçgene duyu organlarıyla bakarak üçgenin özelliklerine ulaşabileceğini düşünür. Peki, geometrik önermelerin duyu gözlemlerinin herhangi bir sonucundan daha kesin olduğunu nasıl bilebiliriz?

Immanuel Kant,[19] bu ikilemden kurtulmanın oldukça ustaca bir yolunu buldu. Duyu organlarımızın, gözlerimizin, dış dünyada var olan gerçek üçgeni görmediklerini söyledi. Kant'ın "kendinde şey" dediği bu gerçek üçgene bizim duyu organlarımız erişemezler. Bir üçgene baktığımızda, onu aklımızın özelliklerince belirlenmiş bir şekilde görürüz. Gündelik dilde "görülen üçgen" dediğimiz şey, gerçek üçgen ile akıllarımızın işbirliğinin sonucudur. Tüm dış nesneleri akıllarımızın sorumlu oldukları bir "çerçeveden" görürüz. Buna göre, deneycilerin duyularımızla görülen "gerçek üçgen" dedikleri, aslında "hayal edilmiş bir üçgendir". Öyleyse akıllarımızın gözleriyle üçgenin özelliklerini görebilmemizin şaşılacak bir yanı yoktur. Geometrik özellikler aslında hayal ürünü üçgenin özellikleridir, gerçek üçgenin özellikleri ise bilinemez; hatta belki de yoktur. Kant'a göre özellikleri aklımızla bilmenin tek imkânı, bu özelliklerin gerçek üçgenin özellikleri olmadığını varsaymaktır. Kant der ki, "Duyusal sezgi ile nesneleri bize (duyularımıza) *göründükleri* gibi bilebiliriz; kendinde nesneleri bilemeyiz; ve eğer önsel sentetik önermelerin mümkün olduğu kabul edilecekse bu varsayım mutlak olarak zorunludur."

Bu yeni fikre Kant ve okulu tarafından "eleştirel idealizm" adı verilmiştir. "İdealizm" kelimesi, duyu gözlemlerimizin sonuçlarının gerçek nesnelerin resimleri olmadıkları bir dünya görüşünü simgeler. Bu nesneler belki de yokturlar, ya da bize göründüklerinden çok daha farklı olabilirler. Deneyim dünyamızın gerçekliğini reddeden görüşe, sadece "idealizm" denir. Kantçı görüş dış dünyanın kendinde var olduğunu ama bize akıllarımızın tabiatıyla belirlenen bir şekilde göründüğünü öne sürer. Bu görüşe "eleştirel idealizm" denir.

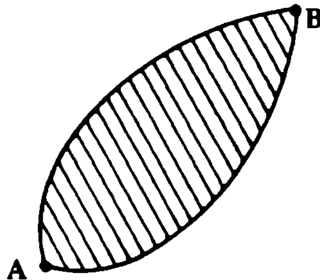
20. yüzyıl, geometrik belitlerin yerlerine dair, "hakiki bilim" ile yakın ilişki halinde, akılcılık, deneycilik ve eleştirel

idealizmin bazı öğelerini kendine katan ve kavram kalabalığını mümkün derece azaltmaya çalışan yeni bir fikir geliştirdi.

4. "Belitler" ve "Teoremler"

Geometri teoremlerinin geleneksel olarak nasıl ispat edildiğini ele alacağız; örneğin bir üçgenin açıları toplamının iki dik açıya eşit olduğunu söyleyen teoremi inceleyebiliriz. Bu teoremin, benzer üçgenler, yani aynı açılara ama farklı uzunlukta kenarlara sahip olan üçgenler olduğunu söyleyen önermeyle yakından alakalı olduğunu göreceğiz. Benzer üçgenlerin var olması, dış dünyaya ulaşırken kullandığımız temel fikirlerden biridir. Aynı şekle fakat farklı büyüklüğe sahip olan figürlerin olabilirliğini açıklar. Küçük ölçekte doğru olanın büyük ölçekte tekrarlanabileceğine ve bunun tersine inanıyor olmamız ona dayanır. Buna oldukça saf bir şekilde inanırız. Hiçbir öğrenci öğretmeninin tahtada üçgenlere dair doğru diye gösterdiğinin, tahtaya sığmayacak büyüklükte üçgenler için de doğru olduğundan şüphelenmeyi kolay bulmaz.

Tartışmamıza devam etmeden önce düzlemsel geometriye dair bildiklerimizi tekrar edelim. Önce şu belite bakalım: *A* ve *B* olmak üzere iki noktamız ve bu iki noktayı birleştiren iki doğrumuz varsa, Öklid'in dilinde, "bu iki doğru arasında bir alan yoktur".[20]

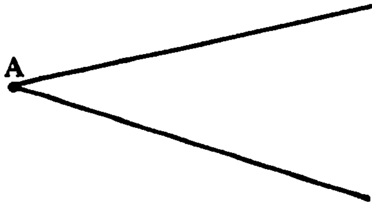


Şekil 8

Başka bir ifadeyle, *A* ve *B* diye iki nokta varsa, bunları birleştiren tek bir doğru vardır. Bu Öklidyen geometrinin ilk belitlerinden biridir.

Nokta nedir? Peki, doğru nedir? Alışılagelmiş geometride bunların tanımları genelde bulanıktır. Nokta hiçbir parçası olmayandır. Sezgisel açıdan bunun belirli bir anlamı vardır ama kullanılması zordur. Bu sorulara daha sonra döneceğiz. Şimdilik noktalar ve çizgilerle ilgili yalnızca bulanık fikirlerimiz var.

Hemen şu soruyu sorabiliriz: Az önce tarif ettiğimiz belit, kendinde-apaçık mıdır, değil midir? Göründüğü kadar kendinde apaçık değildir, çünkü şu anlama gelir: Bir *A* noktasından geçen ve birbirlerinden uzaklaşan iki doğru asla yeniden buluşamazlar.



Şekil 9

Düşününce bunun ilk bakışta açık olduğunu sezeriz; peki ama hayalimizdeki doğruları ne uzunlukta kurgularız? Bana kalırsa birkaç metreyi geçmez. Sezgisel hayal gücünün fazla ileri gidemediği bellidir. Aslında burada, doğru parçalarının arasındaki mesafenin artıyor olmasına dayanan bir çıkarımı kullanırız. Aralarındaki uzaklığın artmaya devam edeceğini hayal ederiz. Fakat durum böyle olunca kısır döngüye girmiş oluyoruz, çünkü en başta söylediğimizi tekrar ediyoruz; birbirinden uzaklaşan doğruların hiçbir zaman kesişmeyeceğini söylüyoruz. İki "doğruyu" dünya yüzeyi boyunca takip

edersek, dünyanın diğer yanında kesişecekleri kesindir. Dünyanın düz olduğu düşünüldüğü zaman durum açıktı; ama şimdi bunun bir yanılgı olduğunu biliyoruz – yarıçapı büyük olan bir kürenin küçük bir kısmını düzlemden ayırt etmenin bir yolu yoktur. Dolayısıyla bu iki "doğru", gittikçe daha da uzadıkça neler olduğunu gerçekte bilmiyoruz; yeniden buluşmadıklarına dair elimizde hiçbir sezgisel kanıt yoktur. O zaman bu belit, doğruların davranışlarıyla ilgili bir hipotezdir.

İşin içinde daha karmaşık bir zorluk daha vardır: Biri dönüp de kendiyle kesişen bir çizginin bir doğru olmadığını söyleyebilir; fakat bir doğruyu kendiyle hiçbir zaman kesişmeyen bir çizgi olarak tanımlarsak, bu totolojik bir önerme olur: bir doğru bir doğrudur. Belitler yalnızca tanım mıdır? Eğer tanımdan ibaretlerse, onlardan hiçbir zaman fiziksel olgu türetemeyiz. Bu durumda geometrik belitlerin iki yönü vardır: "saf tanım" ve "fiziksel nesnelere dair hipotez". Daha ilk belitten bütün zorlukların işin içine karıştığını görüyoruz.

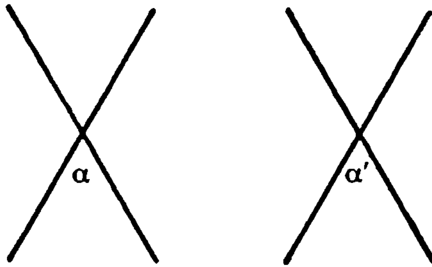
Bu ilk belitten, iki doğrunun ya tek ortak noktası olacağını ya da hiç ortak noktaları olmayacağını çıkarabileceğimizi de buraya not düşelim.

Şimdi "eşlik"* kavramına geçelim. *A* ve *B* noktalarından geçen bir *g* doğrusu ve *A'* ve *B'* noktalarından geçen bir *g'* doğrusu düşünelim. *AB* ve *A'B'* uzaklıklarının "eş" olduğunu söyleyerek neyi kastederiz? İki doğru parçası çakışabiliyorsa bunlara "eş" denir. Bu durum yer değiştirmenin ne demek olduğunu bildiğimizi varsayar; aşağı yukarı ifade etmek gerekirse, yer değiştirme, hareket sırasında iki uzaklığın büyüklüklerinin değişmediği, yani eş olmaya devam ettikleri anlamına gelir. Yine bir kısırdöngüyle karşı karşıyayız. Bununla

* Congruence (çev.)

birlikte, katı cisme dair kesin bir fikrimiz vardır; onu fiziksel özellikleriyle tanımlayabiliriz: esneklik, sertlik vb. Böylelikle katı cismin yer değiştirmesini kullanarak eşliği tanımlayabiliriz. İki doğru parçası, "katı" çubuklarmışçasına hareket ettirilip çakıştırılabiliyorlarsa, "eştir".

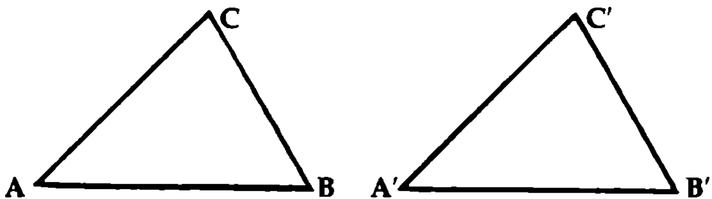
Bir de eş açılar diye bir kavram vardır. Aşağıdaki şekilde, iki doğru bir açı tanımlamaktadır:



Şekil 10

Eğer onları tanımlayan doğrular çakıştırılabiliyorsa, bu açılar eştir. İki üçgenin tüm kenar ve açıları eş ise, üçgenler de eş olarak tanımlanırlar: Bu durumda üçgenler çakıştırılabilirler.

Artık ilk eşlik teoremini gösterebiliriz. *ABC* ve *A'B'C'* iki üçgen olsun:



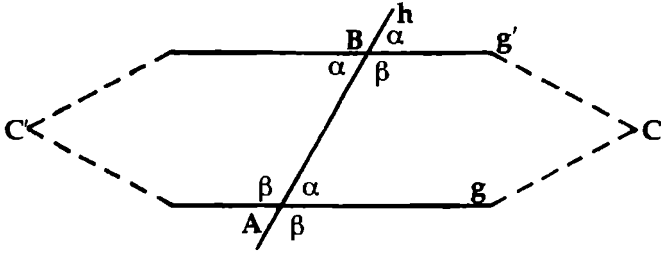
Şekil 11

AB ▪ *A'B'*, *CAB*(α) açısı ▪ *C'A'B'* açısı ve *CBA* (β) ▪ *C'B'A'* açısı olsun. Burada ▪ işareti "ile eştir" anlamına gelmektedir.

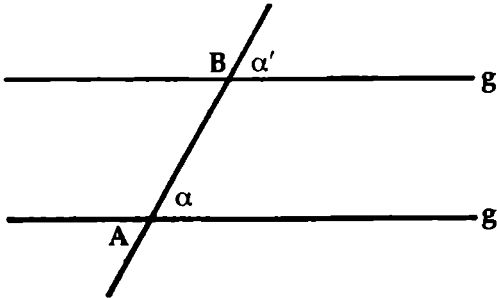
Öyleyse *ABC* üçgenini hareket ettirip *A'B'C'* üçgeninin üzerine koyarak *AB* doğru parçasını *A'B'* doğru parçasıyla, *AC* doğrusunu *A'C'* ile ve *BC* doğrusunu da *B'C'* ile çakıştırılabiliriz. Bundan başka bir de *AC* ve *BC* doğrularının *C* noktasında buluştuklarını biliyoruz. *A'C'* ve *B'C'* de *C'* noktasında buluşurlar. O zaman *C* noktası *C'* noktasıyla çakışmalıdır, çünkü ilk belitimize göre iki doğrunun yalnızca bir ortak noktası olabilir (ya da hiçbir ortak noktaları yoktur). Yani, *ABC* üçgeni ■ *A'B'C'* üçgeni. Bu, *ABC* üçgenini hareket ettirip *A'B'C'* üçgeniyle çakışır hale getirebileceğimiz anlamına gelir. Sonuç olarak, *AB* ■ *A'B'* ve α ■ α', β ■ β' ise üçgenler eştir. Bu eşliğin ilk teoremidir.

5. Öklidci Paraleller Beliti

Bir üçgenin açıları toplamının iki dik açıya eşit olduğunu ispatlayabilmeye daha da yaklaştık; ama önce iki doğrunun hangi koşullar altında kesişmediğine dair önemli bir teoremi ispatlamalıyız. Bir *g* doğrusuyla bir *A* noktasında α açısını yaparak kesişen bir *h* doğrusu düşünelim. Buna ek olarak *h*'nin bir *g'* doğrusu tarafından başka bir nokta olan *B*'de yine α açısıyla kesildiğini varsayalım (*bkz.* Şekil 12). İspatlamak istediğimiz şey, şekildeki gibi çizilen *g* ve *g'* doğrularının hiçbir zaman buluşamayacağıdır. Bu nasıl kanıtlanabilir? Doğruların *h*'nin sağ yanındaki *C* noktasında kesiştiklerini farz edelim. Öyleyse elimizde *ABC* üçgeni vardır. Şimdi ters açıların eş olduğunu söyleyen teoremi kullanarak (bu teoremi ispatlamadık) ve yeniden yukarıdaki gibi akıl yürüterek *h*'nin solunda da *ABC* üçgenine eş bir *ABC'* üçgeni olması gerektiğini görürüz. Buna göre, *g* ve *g'* doğruları *h*'nin bir yanında kesişiyorlarsa diğer yanında da kesişmelidirler; fakat bu imkânsızdır, çünkü öyle olsaydı *C* ve *C'* noktalarını birleştiren *g* ve *g'* diye iki ayrı doğru olurdu; dolayısıyla *g* ve *g'* asla kesişemezler.



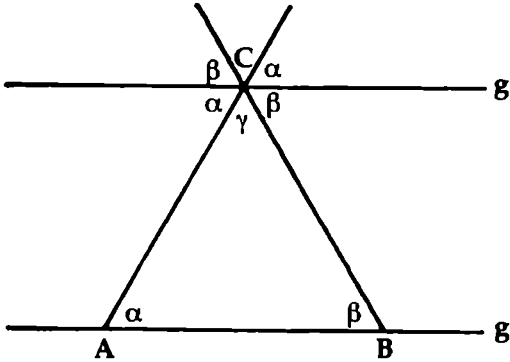
Şekil 12



Şekil 13

Bir üçgenin açıları toplamının 180° olduğunu nasıl ispat edebiliriz? Yukarıdaki ispatın gösterdiği şeyin, *g* ve *g'* doğrularının *h* doğrusunu *yalnızca* aynı α açısı ile kesmeleri durumunda kesişmeyecekleri olmadığını unutmayalım. *g'* doğrusu *h* doğrusunu α' açısıyla da kesebilir (*g* doğrusunun *h* doğrusuyla yaptığı α açısından farklı olarak) ve yine de *g* ve *g'* doğruları hiçbir zaman buluşmayabilirler. Oysaki üçgenin açıları toplamıyla ilgili teoreme ulaşabilmek için, *g* ve *g'* doğrularının *h* doğrusunu *yalnızca* aynı α açısı ile kestiklerinde birbirleriyle hiçbir zaman kesişmeyeceklerini varsaymamız gerekir (*bkz.* Şekil 13). Böyle bir durumda *g* ve *g'* "paraleldir" deriz. Burada yaptığımız varsayıma "Öklid'in Beliti" veya "Paraleller Beliti" adı verilir. Bu belite göre bir *g* doğrusunun dışındaki bir *B* noktasından geçen ve *g*'ye "paralel" olan tek bir *g'* doğrusu vardır. *g* ve *g'*'nün her ikisi de *h*'yi aynı α açısıyla keserler.

Herhangi bir üçgenin açıları toplamıyla ilgili teoremi ispatlamaya artık hazırız. Bir *ABC* üçgeni düşünelim ve C köşesinden *AB* tabanına bir paralel çizelim. *g* ile *g'* paralel olduklarından, *AC*, *g* ve *g'* ile eş α açılarını yapar (*bkz.* Şekil 14).



Şekil 14

BC g ve *g'* ile eş β açılarını yapar. *g'* bir doğru olduğundan α, γ ve β açılarının toplamı 180° veya iki dik açıya eşittir. Bunlar üçgendekilerle aynı açılardır; yani hangi üçgeni düşünürsek düşünelim açılarının toplamı, $\alpha + \beta + \gamma = 180°$ veya iki dik açıdır. Bu sonuca ulaşabilmek için Öklid'in Belitine ihtiyacımız olduğu açıktır. İlk önce *g* ve *g'* doğrularının *h* doğrusunu aynı α açısıyla kestiklerinde birbirleriyle hiçbir zaman kesişemeyeceklerini ispatladık. Şimdiki ispatımızda ise *g* ve *g'* doğruları kesişmiyorsa, onları enine kesen bir doğruyla aynı açıyı yapmaları gerektiğini söyleyen teoremi kullandık. Aksi takdirde *h* doğrusunu farklı bir açıyla kesen ama yine de *g* ile hiç buluşmayan bir *g''* doğrusu olabilirdi. Böyle bir durumun ihtimal dahilinde olmaması için "Öklid'in Belitini" kullanmalıyız: Ortak kesenlerini *g* ile aynı açıyı yaparak kesen *g'* doğrusu, *g* ile kesişmeyecek olan *tek* doğrudur.

Çok önemli bir noktadan bahsediyoruz. Bir üçgenin açıları toplamının 180°'ye eşit olduğunu söyleyen teorem Öklid'in Belitini varsayar. Bunun çeşitli sebeplere dayanan özel bir rolü vardır. Bu belitin kabul edilmemesi durumunda yalnızca üçgenin açıları toplamıyla ilgili kanun değil, evrene bakış açımızın çok daha fazlası yıkılır. Daha önce her figür için benzer figürlerin var olduğu düşüncesinden bahsetmiştim; Öklid'in Belitini varsayarsak bunu ispatlamak çok kolaydır. Bir *ABC* üçgeni düşünelim. *AC* kenarı üzerindeki bir *D* noktasından *AB* tabanına bir paralel çizelim. Paralel belitinin doğru olduğunu varsayarsak, *CDE* üçgeninin taban açıları, Şekil 15'te gösterildiği gibi, sırasıyla büyük *ABC* üçgeninin taban açılarına eşittir.

C

D α β E

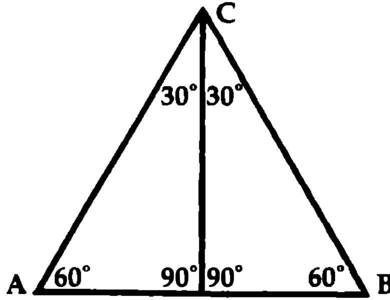
A α β B

Şekil 15

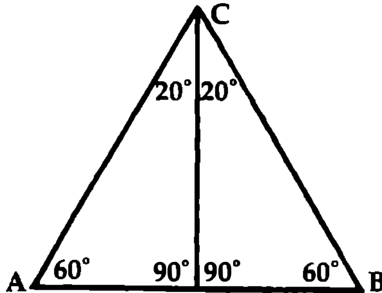
Tüm üçgenlerin açıları toplamı 180°'ye eşit olduğundan, büyük üçgen olan *ABC* ile aynı açılara sahip küçük bir *CDE* üçgeni elde ederiz. Bu iki üçgenin açıları aynı olduğundan şekilleri de aynıdır; fakat büyüklükleri farklıdır. Eğer paralel belitinin doğru olduğunu bilmiyorsak, ya da bu belitin doğru olmadığını bilmiyorsak, bu ispatı yapamayız. Dolayısıyla, eğer paralel beliti doğru değilse, benzer figürlerin varlığını ispatlayamayız. Bu ikisi birbirlerini kapsamazlar.

Paralel belitinin doğru olduğunu kanıtlayabilir miyiz? Görünüşe bakılırsa kanıtlayamayız; çünkü öyle olsaydı bu bir belit olmazdı. O zaman mantıksal olarak başka bir belit oluş-

turabiliriz. Bir üçgenin açıları 180°'ye eşit olmasaydı, bundan ne çıkardı? Çok fazla hesaplama yapmadan görebileceğimiz bir şey var. İkizkenar bir *ABC* üçgeni düşünelim (Şekil 16). Açılar toplamı 180° ise, *ABC* açısı = 60°. Şimdi üçgeni, C köşesinden bir kenarortay indirerek iki eşit parçaya bölelim. Sorumuz şu: Küçük üçgenlerin her birinin açıları toplamı büyük üçgeninkiyle aynı mıdır? Evet, aynıdır; çünkü 60° + 30° + 90° = 180°. Bir üçgenin açıları toplamının 180° olmadığını varsayarsak, küçük üçgenlerden birinin açıları toplamının büyük üçgendeki toplamdan tamamen farklı olduğunu görürüz. Yine taban açıları 60° olan bir ikizkenar üçgen düşünelim (Şekil 17). Bu üçgenin açıları toplamının 160° olduğunu varsayalım. O zaman *ACB* açısı 40°'ye eşit olur. *AB*'ye bir kenarortay indirip bu üçgeni iki eşit parçaya bölelim.



Şekil 16



Şekil 17

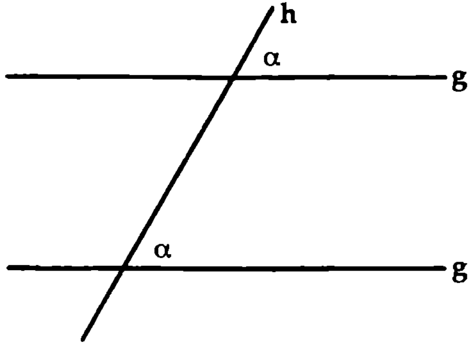
İki küçük üçgenin her birinde açılar toplamının sadece 170°'ye eşit olduğunu görürüz. Aynı işlemi devam ettirirsek, üçgen küçüldükçe açıları toplamının 180°'ye daha yaklaştığını gözlemleriz.

Üçgenin açıları toplamının 180°'den az olduğu durumda, açıların toplamı yerine, bu toplamın 180°'den farkını, yani "eksiklik" denilen şeyi tanımlayalım. Başka bir şekilde söylersek, eksiklik [180° – (α + β + γ)]'ya eşittir. Yukarıdaki büyük üçgende eksiklik 20°'ye eşittir. Küçük üçgende ise sadece 10°'ye eşittir. Bir üçgenin alanı ile eksikliği arasında çok basit bir ilişki vardır. Yukarıdaki küçük üçgenlerin her birinin alanı büyük üçgenin alanının yarısı kadardır ve küçük üçgenlerin her birinin eksikliği de büyük üçgenin eksikliğinin yarısı kadardır. Çok küçük üçgenlerde eksiklik sıfıra yaklaşır. Çok küçük bir üçgen Öklid'in Beliti doğruymuş gibi davranır. Bunu çok genel bir yoldan ispatlayabiliriz; burada sadece konuya bazı örnekler verdik. Öklid'in Beliti doğru değilse, benzer üçgenler yoktur ve küçük üçgenler büyük üçgenlerden çok farklı davranırlar. Bu sebepten, bir üçgenin açıları toplamının 180° olup olmadığını ölçümler yaparak denetlemek çok zordur.

6. Gayri-Öklidyen Geometri[21]

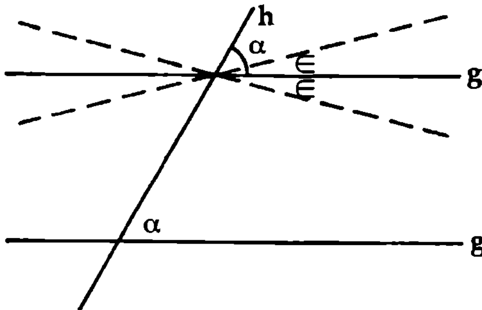
Sırada Öklid'in Belitinden vazgeçmek mümkün mü, diye düşünmek var. Bu belitin yerine ne koyabiliriz? Öklid'in Belitini kabul edersek, bu belit üzerine kurulan geometriye Öklidci geometri denir. Öklid'in Belitini reddeder ve yerine başka bir şey koyarsak, yeni gelenin üzerine kurulan geometri bir gayri-Öklidyen geometridir.

Öklid'in Belitinin reddedilmesinin olası iki sonucu vardır. Bu belite göre *g*''den en ufacık bir uzaklıkta olan bir doğru (*bkz.* Şekil 18) iki yandan birinde *g* ile kesişir.



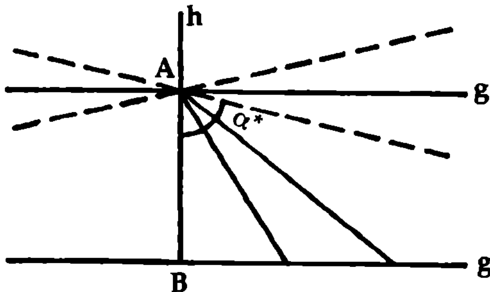
Şekil 18

İhtimallerden birine göre *g'* ile hiçbir zaman kesişmeyecek *hiçbir g'* doğrusu olmayabilir. Yani, var olan bütün doğrular kesişecektir. Bir diğer ihtimale göre de bir doğru *g''*ye göre eğilirse, iki yandan birinde, yeteri kadar küçük bir ∈ açısı yaparak *g* ile kesişmeyecektir. *g''*ye göre simetrik olan ve iki yanda *g'* ile ∈ açısını yaparak eğilmiş olan doğrularla sınırlanmış olan, *g* ile kesişmeyen bir doğrular "demeti" olabilir (Şekil 19). Bu gayri-Öklidyen geometrinin ikinci türüdür ve burada üzerine konuşacağımız tek gayri-Öklidyen geometri olacaktır. Bu iddia Öklid'in Belitinin yerini alırsa dünyanın nasıl görüneceğine bir bakalım. Bir şey kesindir: Bir üçgenin açıları toplamı 180°'ye eşit olmayacaktır.



Şekil 19

Paralel doğrular olmadığını belirten, bahsettiğimiz ilk gayri-Öklidyen geometri türü Riemann Geometrisi diye bilinir; ayrıca iki noktayı tek bir doğrunun birleştirdiğini söyleyen beliti de reddeder. *g'* ile yapılan belirli bir açı ile sınırlanıp *g* ile kesişmeyen sonsuz sayıda doğru olduğunu belirten ikinci tür ise Rus matematikçi Lobatchevski[22] ve eş zamanlı olarak, bir Macar olan Bolyai[23] tarafından kurulmuştur. Öklid'in Beliti yerine, "Lobatchevski Beliti" konmuştur. Bu belitten çıkan sonuçları biraz daha açıklayalım: Bir *g* doğrusu ve *g*'nin dışında bir *A* noktası çizelim (Şekil 20). Daha sonra *A*'dan geçen ve *g*'ye dik olan bir *h* ortak keseni, bir de *h* ile 90° açılı bir *g'* doğrusu çizelim. Bu durumda *g'*, *g* ile buluşmayacaktır. Eğer *A* noktasından geçen ve *h* ile gittikçe daha büyük açılar yapan doğrular çizersek, bu doğrular başlarda *g* doğrusunu keseceklerdir. Fakat daha sonra (bütün doğruların birbirleriyle buluştukları durumu, yani "Riemann Belitini" hariç tutarsak), *h* ortak keseniyle belirli bir α^* sınır açısı yapan bir doğruya ulaşırız ve bu *g* ile kesişmeyen ilk doğru olur. Öklidci geometride α^* = 90°'dir. Lobatchevski belitine göre, α^* açısı 90°'den küçüktür. *g* ile bu açıyı yapan doğrunun *g*'ye "paralel" olduğu söylenir. Lobatchevski'nin geometrisinde paralel doğrular ile kesişmeyen doğrular arasında bir ayrım yapmamız gerekir. *g'*'nün çevresindeki "demet"e dahil olan tüm doğrulara kesişmeyen doğrular denir. Yalnızca bu "demet"in sınır doğrularına paralel doğrular denir. Lobatchevski'nin geometrisinde ortak kesenin hem solunda hem de sağında birer paralel doğru vardır.

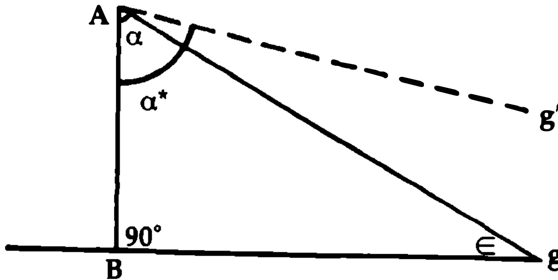


Şekil 20

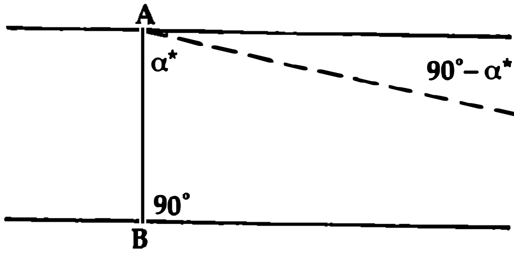
Kısacası, paralel doğru sayısının bir değil de iki olması bu geometrinin ayırt edici özelliklerinden biridir. İkisi arasındaki tüm doğrular kesişmeyen doğrulardır; yani, *g*'yi kesmezler.

Lobatchevski'nin geometrisinde bir üçgenin açıları toplamının ne olacağını inceleyelim. *A*'dan geçen ve *AB* ile α^*'dan daha küçük bir açı yapan doğru, *g* ile kesişecektir. *AB* ile α^*'dan çok az küçük olan $\alpha = \alpha^* - \eta$ açısını yapan bir doğruyu ele alabiliriz. Böyle bir doğru *g*'yi, çok küçük olan ve istediğimiz kadar küçültebileceğimiz $\in$ açısıyla kesecektir. Buna göre, $\alpha^* < 90°$ ve $\in$ istediğimiz kadar küçük olduğundan, açıları toplamı 180°'den küçük olan üçgenler vardır. Eksiklik bağlamında konuşursak bu durum en baştan açıktır. Yukarıdaki üçgende, eksiklik = $180° - 90° - (\alpha + \in) = 90° - (\alpha + \in)$'dur. *A*'dan geçen doğrunun *g*'ye neredeyse paralel olduğunu düşünürsek $\in$ ve η sonsuz küçüklükte olurlar ve eksikliğin $(90° - \alpha^*)$ olduğu, pozitif olduğu, düşünülebilir.

$(90° - \alpha^*)$'ın ne kadar büyük olduğunu nasıl biliriz? Lobatchevski beliti, "paralel bir doğrunun" verilen bir doğru ile yaptığı α^* açısını tabii ki belirlemez. Aslında "Lobatchevski beliti" adı altında sonsuz sayıda belit toplanmıştır. *g*'ye paralel olan doğru (Şekil 21'deki *g*') *AB*'ye neredeyse dik olabilir veya *AB* ile herhangi bir açı yapabilir. *A* ile *g* arasındaki her bir belirli *AB* uzaklığı için, α^* açısına gelişigüzel bir değer verilebilir.



Şekil 21



Şekil 22

α* açısı için yapılan her bir seçime, Lobatchevski belitinin özel bir hali karşılık gelir. Eğer Öklidci geometriden çok az farklı bir geometri istiyorsak, küçük bir eksiklik (90° – α*) seçeriz; çok farklı bir geometri istiyorsak da büyük bir eksiklik seçeriz (Şekil 22). Şöyle bir soru sorabiliriz: Hangi büyüklükte üçgenler farkına varılacak derecede gayri-Öklidyen olmaya başlarlar? Çelik gibi sert maddelerden yapılan fiziksel üçgenleri incelediğimiz zaman, ölçüm aracılığıyla, hiçbir zaman açılar toplamının 180°'den küçük olduğunun farkına varmamış olabiliriz; fakat bu hiçbir şey kanıtlamaz. Ölçülen üçgenlerin hepsi birden eksikliğin farkına varılmayacak derecede küçük olabilirler. Söylenebilecek tek şey, ölçülen üçgenlerin hepsinin "küçük" üçgenler olduğudur. "Küçük üçgen" kavramını belirli bir "birim" üçgene göre küçük olarak tanımlayabiliriz; "birim üçgeni" de eksikliği 1 derece olan üçgen olarak tanımlayabiliriz. α*'ın değerini vermek yerine "birim üçgenin" alanını vererek özel bir Lobatchevski geometrisi tanımlayabiliriz. "Birim üçgenin" büyüklüğü bir galaksinin boyutlarıyla karşılaştırılabilseydi, bütün fiziksel üçgenler "küçük" olurdu ve ölçtüğümüz üçgenlerin hiçbirinde eksikliğin farkına varmazdık. "Birim üçgen" ile karşılaştırılan üçgenin alanı büyüdükçe "eksiklik" de büyür. Dolayısıyla, büyük bir üçgende açılar toplamı küçük bir üçgendekinden daha azdır. "Birim üçgenin" alanına göre çok küçük bir alanı olan üçgende ne-

redeyse sıfır eksiklik vardır ve açıları toplamı yaklaşık olarak 180°'dir; eksiklik arttıkça toplam azalır. Eğer büyük bir üçgenle benzer küçük bir üçgen varsa, bunların ikisinin de açıları toplamı 180° derecedir. Lobatchevski'nin geometrisinde ise, büyük üçgenlerin eksikliği küçük üçgenlerinkinden daha büyük olduğundan, bir büyük ve bir küçük üçgen asla benzer olamazlar. Dolayısıyla, şekli aynı büyüklüğü farklı üçgenler yoktur. Bundan, aynı şekilde ama farklı büyüklükte hiçbir geometrik figürün olmadığı sonucunu kolaylıkla çıkarabiliriz. Büyüklük, şekil tarafından belirlenir. Açıları toplamı yaklaşık 180° derece olan bir üçgen, ancak çok küçük ise mümkündür.

7. Geometride Önermelerin "Geçerliliği"

Şimdilik sırf matematiksel tartışmayı bir tarafa bırakıp geometri ve deneyim arasındaki ilişkinin ne olduğunu soralım. Şu ana kadar ispatladıklarımızın deneyimle bir ilgisi yoktu. Basitçe, üçgenler Öklid belitlerini yerine getirdiklerinde benzer üçgenlerin var olduğunu gösterdik. Fakat üçgenler Lobatchevski geometrisinin belitlerine uyuyorlarsa, benzer üçgenler yoktur. Elimizdekiler koşullu önerme olmaya çok uzak olduklarından, onlardan tahta veya demirden yapılmış fiziksel üçgenlere dair bir şey türetemeyiz. Bazı belitler doğruysa, belirli sonuçlar doğrudur. Geometride doğru diye bildiğimiz şeyler bu koşullu cümlelerdir. Dünyada ne olursa olsun bu önermeler doğru olmaya devam eder. Saf mantıksal önermeler dünyadaki fiziksel olaylardan bağımsız olarak doğrudur. Geometriyi sırf matematiksel anlamda ele aldığımızda da durum böyle olur. "Mantıksal önermeleri", terimlerinin anlamlarını dikkate almadan, biçimlerinden dolayı doğru olduklarını söyleyerek nitelendirebiliriz. Tüm terimleri başka terimlerle değiştirebiliriz; yine de önermeler doğru olacaktır. Bunun en bilinen örneği şu mantıksal tasımdır: Sokrates

bir insansa ve tüm insanlar ölümlüyse, Sokrates ölümlüdür. "Sokrates", "insan" ve "ölümlü" kelimelerinin yerine başka kelimeler koysak dahi bu önerme doğru kalır. Mesela, eğer tilki bir memeli hayvansa ve tüm memeli hayvanlar omurgalıysa, tilki omurgalıdır. Geometrinin bütün önermeleri kesinlikle bu türdendir.

Başlangıç düzeyindeki ders kitaplarında geometri önermeleri sırf mantıksal önermeler değildir. Mantıksal ve deneysel önermelerin bir karışımıdır. Örneğin eşlik kavramı, fiziksel bir işlem olan katı cisimlerin taşınmasına gönderme yaparak tanımlanır. Halbuki belitleri sırf mantıksal önermeler olarak yeniden formülleştirerek Öklidci geometriyi dönüştürebiliriz. Bu dönüşümü 8. Kısım'da tartışacağız. Bu noktada, bahsettiğimiz şekilde "geometriyi formülleştirmenin" mümkün olduğunu kabul edip açık açık sormalıyız: Hangisi doğru; Öklidci geometri mi, gayri-Öklidyen geometri mi? Bu sorunun cevabını matematikle veremeyiz. Daha önce gördüğümüz gibi, matematiksel uslamlamayla yalnızca Öklid'in Belitini kabul edersek benzer üçgenler olduğunu, reddedersek de benzer üçgenler olmadığını ispatlayabiliriz. Fakat, benzer üçgenlerin var olduğu "doğru" mudur, yani "Öklidci geometri doğru" mudur diye karar veremeyiz. Öte yandan geometriyi fiziksel nesneler üzerinde kullanmaya alışığızdır. Bunun nasıl yapılacağını anlamak dikkatli incelemeler yapmayı gerektirir. Geometri sisteminin hiçbir yerinde bir doğrunun veya noktanın tanımı bulunamaz. Mantıksal sonuçlar işe dahil olan terimlerin anlamlarından bağımsız olduklarından, doğrular ve noktaları tanımlamadan da bu nesnelerin belitlerde varsayılan özelliklere sahiplerse, teoremlerde geliştirilen özelliklere de sahip olduklarını söyleyebiliriz. Doğrular ve noktalar ne olurlarsa olsunlar, Öklidci belitleri kabul edersek, bundan benzer üçgenlerin var olduğu, Lobatchevski'nin belitleri kabul edi-

lirse de var olmadığı çıkar; öyleyse geometri tahta veya çelikten yapılmış üçgenlere nasıl uygulanır? Amacımız buysa, şimdiye kadar bahsettiğimiz matematiksel, formülleştirilmiş geometriden yapıca tamamen farklı bir "geometriye" ihtiyacımız olduğu açıktır.

Geometrik terimlerin "anlamlarını" hesaba katmadan, elde edilen tüm sonuçların geçerli olduğunu not düştük. Fiziksel nesneler üzerinde uygulamalara geçebilmek için, "nokta" ve "doğru" gibi terimlerin anlamlarını dikkate alan başka türden bir geometri inşa etmeliyiz. Rudolph Carnap,[24] *Formalization of Logic* [Mantığın Formelleştirilmesi] adlı kitabının girişinde "modern mantıktaki iki eğilimi" tarif eder.

> Eğilimlerden biri form, cümleler ve çıkarımların mantıksal yapısı, işaretler ile bunların anlamlarından yapılan soyutlamalar arasındaki ilişkiler üzerinde durur. Diğeri ise birincinin dikkate almadığı etmenleri vurgular: anlam, yorum, ilişkiler, ... anlama dayalı olarak bağdaşma ve bağdaşmama, zorunlu doğru ile olumsal doğru arasındaki ayrım, vs. Bu iki eğilim mantığın kendisi kadar eskidir ve birçok isim almıştır. Çağdaş terimleri kullanarak bunlara sırasıyla söz dizimsel ve anlamsal eğilimler diyebiliriz.

Geometriyi sil baştan, mantıksal bir disiplin olarak değil de, ahşap veya demirden üçgenler gibi fiziksel nesnelerle uğraşan bir bilim olarak inşa etmek için birçok girişim olmuştur. Matematiğin genel bilgi sistemimizle bütünleşmesi için birçok matematikçiden daha fazla çalışmış olan, önde gelen İngiliz matematikçi William Kingdon Clifford hatırı sayılır bir girişimde bulunmuştur. Clifford[25] 1875'te şöyle yazmıştı:

> Geometri fiziksel bir bilimdir. Büyüklükler, şekiller ve mesafelerle uğraşır. ... Şekiller ve mesafelerin bilimini, bir veya iki çok sade ve açık gözlem yaparak çalışmamız gerekir. ... Yapacağımız gözlemler şunlardır:

Birincisi, bir şey bir yerden başka bir yere büyüklüğü veya şekli değiştirilmeden hareket ettirilebilir. İkincisi, aynı şekle fakat farklı büyüklüğe sahip şeyler olması mümkündür.

Clifford'ın bahsettiği "şeyler", fizikte "katı cisim" denilen şeylerdir. Bir "şeyin" katı olduğuna emin olmanın ölçütünün, deneysel fiziğin genel olarak kullandığı ölçüt olduğunu varsayar. Bir şeyin "büyüklüğü" ve "şekli", Paris'teki standart metreyle veya Washington'daki standart fitle, kanunların koyduğu düzeltme yöntemleri kullanılarak ölçülür. Bu durumda, Clifford'ın tarif ettiği iki gözlem bu standartları kullanarak yapılabilir. Clifford şöyle devam eder:

Bu [iki] gözlemi üçgenlere uygulayarak şunları ispatlayabiliriz: (a) İki doğru birden fazla noktada kesişemezler. (b) Eğer iki doğru düzlemde birbirlerini hiçbir suretle kesmeyecek şekilde çizilirlerse, onları kesen herhangi bir üçüncü doğru ile yapacakları açılar eşit olacaktır.

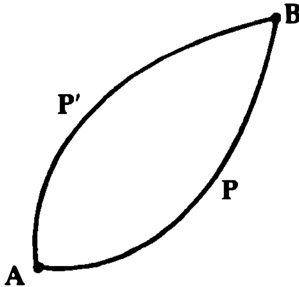
Önceki kısımlarda (4, 5 ve 6'da) öğrendiğimize göre, benzer üçgenlerin varlığından Öklid'in paraleller belitini ve bu belitten birbirine paralel iki doğruyu kesecek şekilde çizilen doğrunun, paralellerin ikisiyle aynı açıyı yapacağı teoremini çıkarabiliriz. Matematiksel uslamlamamızda, bu sonuçları "belitlerden", geometrik terimlerin anlamlarını kullanmadan çıkardık. Clifford genellenmiş gözlemlerle başladı; bunlar, tabiatıyla, fiziksel olgularla ilgili önermeler ve bunlardan çıkarılıp kendileri de fiziksel üçgenlere dair önermeler olan sonuçlardı.

Takip eden kısımlarda, belitlerden terimlerin anlamları kullanılmadan çıkarılan sonuçlar ile fiziksel olgulara dair önermelerden çıkarılan ve her bir terimi fiziksel bir nesneye karşılık gelen sonuçlar arasında tam olarak nasıl bir ilişki olduğundan bahsedeceğiz. 20. yüzyıl biliminde "belitler" öyle bir şekilde formülleştirildi ki, onlardan sonuçlar türetilirken, terimlerinin anlamlarına dair hiçbir bilgi kullanılmamaktadır; tamamen formülleştirilmiş bu belitler sisteminin ortaya

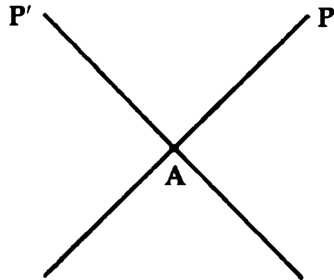
konması sonucunda, fiziksel üçgenlerle ilgili sonuçlara ulaşmak için, sırf biçimsel, sırf mantıksal sonuçları fiziksel nesnelere dair önermelerle bir araya getirmenin özel bir yöntemi kullanılmaktadır.

8. Belitlerin "Formülleştirilmesi"

Orta düzey ders kitaplarında ve derslerde ele alındığı şekliyle, geometri sırf mantıksal bir sistem değildir. Bazı terimlerin anlamları, mesela "eşlik" teriminin anlamı, katı bir cismin yer değiştirmesi gibi fiziksel işlemler aracılığıyla tanımlanmaktadır. Aslında Öklidci sistemi de sırf mantıksal hale getirecek değişiklikler yapılabilir. Buna oldukça basit bir örnek verebiliriz. Yapılması gereken şey, önermelerinin geçerliliği sadece biçimlerine dayalı olacak ve geometrik terimlerin –"doğru", "nokta", "kesişen", ve "birleştiren" gibi– anlamlarına bağlı olmayacak şekilde sistemi formülleştirmektir. Daha önce ortaya koyduğumuz bir belite göre *A* ve *B* diye iki nokta sadece bir doğru ile birleştirilebilirler (1. Belit). Bu belitten, aşağıdaki şekillerin yardımıyla, iki doğrunun ya tek noktada kesişecekleri ya da hiçbir ortak noktalarının olmayacağını çıkardık. (*bkz.* Şekil 23) Eğer, Şekil 24'teki *p* ve *p'* doğruları yalnızca *A* noktasında değil de ikinci bir *B* noktasında da kesişiyorlarsa, elde edeceğimiz şey Şekil 23 olur ve eğer *p* ve *p'* farklı doğrular ise, bu durum 1. Belit'e göre mümkün değildir.



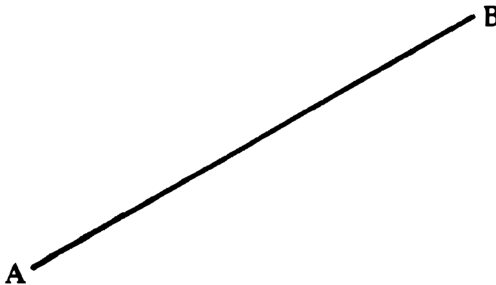
Şekil 23



Şekil 24

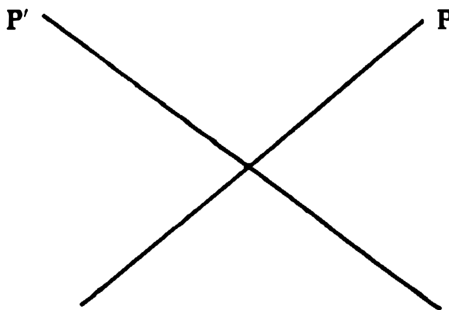
Doğruları, noktaları ve kesişen doğruları gözümüzde canlandırmaya dayanan, sezgisel bir ispat yaptık. Ama yine de doğru, nokta ve fiziksel olarak kesişmenin anlamlarını dahil etme zorunluluğumuz yoktu. Bu ispatı tamamen mantıksal olacağı bir yoldan ifade edebiliriz; böylece terimlerin fiziksel anlamları ispatın dışında kalacaktır.

"Doğru" ve "nokta" terimlerinin yerine "elma" ve "portakal" desek bile geometrik ispatların geçerli olmaya devam edeceklerini göstermeliyiz. 1. Belit'i hatırlayalım: *A* ve *B* diye iki nokta varsa, bunları birleştiren yalnızca bir doğru vardır (*bkz.* Şekil 25).



Şekil 25

Bu belitin doğal bir sonucu olarak şuna ulaşabiliriz: 1. Sonuç: *P* ve *P'* diye iki doğru, hiçbir zaman birden fazla noktada kesişemezler.



Şekil 26

Şimdi bu önermeleri "formülleştirmeliyiz" (1. Belit ve 1. Sonuç). Bunun anlamı, bu ikisine geometrik terimlerin anlamlarının ispatların geçerliliği üzerinde hiçbir etkisi olmadığının açıkça görülebileceği bir biçim verilmesidir.

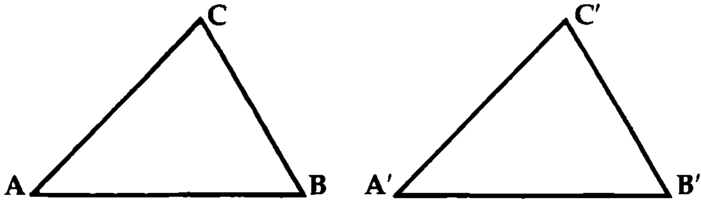
Öncelikle "birleştirmek" ve "kesişmek" terimlerini atmalıyız. Eğer bir doğru bir noktadan geçiyorsa, "doğru" "bir noktayla çakışır" demeliyiz. Eğer bir nokta bir doğrunun üzerindeyse, "nokta bir doğru ile çakışır" demeliyiz. Öyleyse 1. Belit şöyle olur: Bir *P* doğrusu, *A* ve *B* diye iki noktayla çakışıyorsa ve bir *P'* doğrusu da aynı iki noktayla çakışıyorsa, *P* ve *P'* farklı doğrular değildir. Eğer Sonuç 1 geçersiz olsaydı, bir *P* doğrusunun *A* ve *B* diye iki noktayla çakıştığını ve *başka* bir doğru olan *P'* doğrusunun da aynı iki noktayla çakıştığını varsayabilirdik. Fakat birinci belite göre *P* ile *P'* farklı doğrular değillerdir. Bu durumda, *P* ile *P'*'nün farklı doğrular olduklarını varsayıp *P'*nin *P'*'nden farklı bir doğru olmadığı sonucuna ulaşmış olduk. Bunun anlamı: "*S* doğrudur" önermesinden "*S*'nin değili (*S*'nin olumsuzu) doğrudur" sonucunun çıktığıdır. Dolayısıyla, Sonuç 1 doğru olmalıdır: İki doğru, özdeş değillerse, tek bir nokta ile çakışabilirler; yani, bir noktadan fazlasında kesişemezler.

Yukarıdaki akıl yürütmede geçen terimleri şu şekilde değiştirebiliriz: "Nokta" yerine "elma", "doğru" yerine "portakal" ve "çakışık" yerine "aynı tabaktalar". "Doğrular", "noktalar" ve "çakışmanın" fiziksel özelliklerinin ispatın geçerliliğine hiçbir etkisi olmadığını göreceğiz. 1. Belit şu hale gelir: Aynı tabakta iki elma ile birden fazla portakal olamaz. 1. Sonuç da şöyle olur: Eğer aynı tabakta iki portakal ve bir elma varsa, bu tabakta bir elma daha olması imkânsızdır. Eğer ikinci bir elma olsaydı, aynı tabakta iki elma ve iki portakal olurdu. Bu da birinci belitle çelişirdi. Kısacası, birinci belitten bahsettiğimiz sonucu çıkarabileceğimiz açıktır. Görüldüğü

gibi, "doğru" vb. terimlerin anlamları önemli olmadığından, geometrik terimlerin anlamlarını değiştirerek de aynı sonuçlara ulaşabiliriz. Yukarıdaki akıl yürütmede yalnızca "değil" teriminin anlamını kullandık ama mantıksal sistemimizi, mantıksal terimlerin anlamlarını dahil etmeyecek şekilde de formülleştirebiliriz.

9. "Eşlik" Kavramının Formülleştirilmesi

Geleneksel geometri öğretimi hâlâ Öklid'in yazdığının hemen hemen aynısıdır. Tam olarak söylersek, bu sistem sadece kısmen mantıksaldır; deneysel kavramlar da kullanır. Temel kavramlar arasında en "fiziksel" görünen "eşlik" fikridir. Geleneksel tanıma göre: İki figür çakıştırılabiliyorsa, bunlar "eş" figürlerdir. Bu tanımın, figürlerin "katı cisimler" oldukları ve şekilleri veya büyüklükleri değişmeden hareket ettirilebildikleri düşüncesine gönderme yaptığı ortadadır. Fiziksel bir işleme açıkça gönderme yapar; katı cisimlerin yer değiştirmesine.



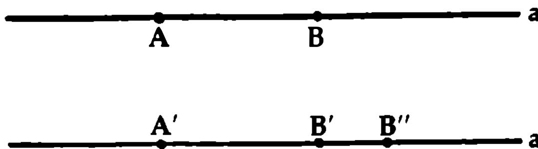
Şekil 27

Mesela, eşliğin birinci teoremini ele alalım. "Eş" için $\equiv$ sembolünü kullanacağız. Eşliğin birinci teoremine göre, eğer $AC \equiv A'C'$, $AB \equiv A'B'$ ve CAB açısı $\equiv C'A'B'$ açısı ise $BC \equiv B'C'$. Bunu nasıl ispatlarız? Öklid'e göre, iki kenar çakıştırılabiliyorsa eştir. Dolayısıyla, yukarıda verilen koşullarda, *AC* ile *A'C'* ve *AB* ile *A'B'* aynı anda çakıştırılabilirler. Bu durumda, *BC* de *B'C'* ile çakışmalıdır ve bu sebepten $BC \equiv B'C'$. Burada,

birbirine karışmış hem mantıksal ve hem de deneysel argümanlar kullandık.

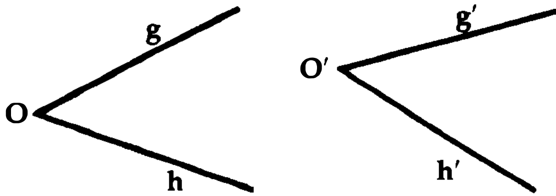
Bir de sırf mantıksal bir önerme kullanalım. Basit önermeleri *p, q, r* ile gösteriyoruz. Sırf mantıksal bir önermenin tipik bir örneği şudur: Farz edelim ki *p* doğru ise *q* da doğrudur ve *q* doğru ise *r* de doğrudur. Bunlardan, *p* doğru ise *r*'nin de doğru olacağını çıkarabiliriz. *p, q, r*'nin noktalarla, eşlikle, çakışık olmayla veya herhangi bir şeyle ilgili önermeler olmalarının bir önemi yoktur.

19. yüzyılın sonuna doğru, geometriyi böyle sırf mantıksal bir sistem haline getirmek için girişimler oldu. Bu girişimler David Hilbert'in[26] 1898-1899 tarihli çalışmalarında özetlenip tamamlanarak, *The Foundations of Geometry* [Geometrinin Temelleri] adlı kitabında yer aldı. Buradaki düşünce geometriyi belitlerden teoremlere, belitlerdeki kavramların anlamlarına bağlı kalmadan gidilebilecek şekilde geliştirmek gerektiğiydi. Belitlerdeki doğruların özelliklerini formülleştirirsek ve çıkarımlarda yalnızca doğruların bu özelliklerini kullanırsak, bir doğrunun ne olduğunu bilmemize gerek olmaz. Geleneksel geometride, eşlik teoremlerini ispatlamak için, "çakışma" yükleminin fiziksel anlamının kullanıldığını gördük. Şimdi de yukarıda bahsi geçen birinci eşlik teoremini, Hilbert, terimlerin fiziksel anlamlarını kullanmadan nasıl ispatlıyormuş diye bakalım. Artık iki sistemin "çakıştırılabildikleri" için "eş" olduklarını söyleyemeyiz. Çünkü bu, fiziksel bir işleme gönderme yapmaktır. Bunun yerine, eşliğin özelliklerine belitler aracılığıyla işaret etmeliyiz. İki doğru parçası eş ise, hangi özelliklere sahiplerdir? Aşağıdaki şekli ele alalım.



Şekil 28

Elimizde bir *a* doğrusu ile bu doğru üzerinde bulunan *A* ve *B* diye iki nokta vardır. Buna göre birinci eşlik beliti şöyle der: Herhangi bir *a'* doğrusu üzerindeki herhangi bir *A'* noktasından başlayarak ve bu noktanın her iki yanında, her zaman $AB \equiv A'B'$ eşliğini sağlayacak bir *B'* noktası bulunabilir. Bu, eşliğin özelliklerinden biridir. Bu belitin göze çarpan bir özelliği $AB \equiv A'B''$ eşliğini sağlayacak, *B'* haricinde bir *B''* noktası olma ihtimalini dışlamıyor olmasıdır. Bu belit, tarif edilen özelliğe sahip yalnızca *bir B'* noktası olduğunu söylemez. "Eşlik", "çakışır hale gelme" diye tanımlandığında durum böyledir – ama Hilbert'in geometrisinde böyle bir noktadan yalnızca bir tane olduğu ispatlanmak zorundadır. Şu belitlerde eşliğin iki özelliği daha verilmiştir: Üçüncü bir doğru parçasıyla eş olan iki doğru parçası, birbirleriyle de eştir; üçüncü bir açıyla eş olan iki açı da birbirlerine eştir.

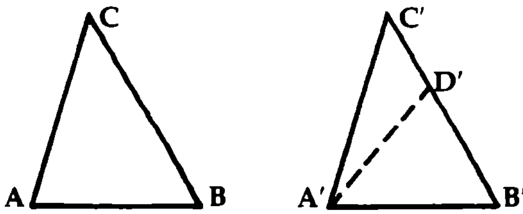


Şekil 29

Bir "açı" *O* noktasında birleşen *g* ve *h* diye iki doğru olarak tanımlanır. Şimdi belitimizi verebiliriz: *O'* noktasından başlayan verili bir *g'* doğrusunun içinde bulunduğu herhangi bir düzlemde ve iki yanının her birinde, *O'* noktasından başlayıp (*g'h'*) açısının verili bir (*gh*) açısına eş olmasını sağlayan bir ve yalnızca bir tane *h'* doğrusu vardır. Bir sonraki belitimiz, doğru parçalarının eş olması ile açıların eş olması arasındaki ilişkiyi belirli bir biçimde ifade eder. Birinci eşlik teoremini ispatlamak için böyle bir ilişkiye ihtiyaç duyacağız. Eşliğin

fiziksel anlamından kaçınmak için Hilbert, Öklid'in fiziksel anlamdan türettiklerini çıkarabileceğimiz bu beliti geliştirdi (Şekil 30). Hilbert'in yeni beliti şudur: Eğer *AB* ≡ *A'B'*, *AC* ≡ *A'C'* ve *CAB* açısı ≡ *C'A'B'* açısı ise *ACB* açısı ≡ *A'C'B'* açısıdır. Bu yeni belitler herhangi bir fiziksel işlemi davet etmezler; sadece eşliğin özelliklerini verirler.

Şimdi de bunları birinci eşlik teoremini ispatlamak için kullanmaya geçelim. Aşağıdaki şekle bakalım:



Şekil 30

AB ≡ *A'B'*, *AC* ≡ *A'C'* ve *CAB* açısı ≡ *C'A'B'* açısı olduğu verilmiştir. "Birinci eşlik teoremi"ne göre *B'C'* ≡ *BC* doğru olmalıdır. "Eşlik", "çakışma" diye tanımlanırsa ispat çok açıktır. Fakat Hilbert bu ispatı kendi belitleriyle şöyle yapmıştır: Eğer *B'C'*, *BC* ile eş olmasaydı, yukarıdaki birinci belite göre (Hilbert'in) *B'D'* ≡ *BC*'yi sağlayacak bir *D'* noktası her zaman bulunabilirdi. (Nokta *C'* noktasının ötesinde olsaydı da benzer bir argüman olacaktı.) Şimdi *ABC* ile *A'B'D'* üçgenlerini karşılaştıralım. *AB* ≡ *A'B'*, *BC* ≡ *B'D'* ve Hilbert'in belitinden dolayı *ABC* açısı ile *A'B'D'* açısı eştir. Ve yine Hilbert'in belitinden dolayı: *D'A'B'* açısı *CAB* açısına, *A'D'B'* açısı da *ACB* açısına eştir. Dolayısıyla, *D'A'B'* açısı ≡ *C'A'B'* açısı olmalı ve *A'C'* ile *A'D'* çakışmalıdır. Böylelikle, daha karmaşık belitler kullanarak, eşlik teoremlerini tamamen mantıksal bir yoldan, fiziksel bir fikir olan "çakışır hale getirme"ye gönderme yapmadan nasıl ispatlayabileceğimizi görmüş olduk. Terimlerin herhangi bir fiziksel yorumuna

yer vermedik; sadece terimleri içeren bazı belitleri öne sürdük. Bu yaptığımızın dış dünyayla ilgili hiçbir şey söyleyemeyeceği açıktır. Tek söylenen birtakım eşlikler varsa başka eşlikler de olduğudur; fakat "eşliğin ne olduğu" bilinmez.

Öte yandan, geometrinin bize fiziksel nesnelerin özellikleriyle ilgili kanunlar sağladığını öğreniriz. Sert çelikten bir üçgen yaparsak, gerçek ölçümlere dayanarak açılar toplamının yaklaşık 180° olduğunu görebiliriz. Buradaki mesele şudur: Mantıksal bir sistem olan matematiksel geometrinin, örneğin Hilbert'in belitler sisteminin, çelik veya ahşap üçgenlerle ilgili kanunları elde etmekte bize ne faydası dokunabilir? Bu bağlantıyı bir sonraki kısımda tartışacağız.

10. Geometride İşlemsel Tanımlar

Matematiksel geometri sisteminin, uygun bir şekilde formülleştirilirse, doğru ve nokta gibi terimlerin anlamlarından bağımsız hale geldiğini gördük. O halde, sistemin bütünü bu terimlerin bir tanımı olarak düşünülebilir; çünkü onların bütün özelliklerini verir. Mesela, 1. Belit şu şekilde ifade edilebilir: "Noktalar" ve "doğrular" öyle nesneler ve "çakışma" öyle bir özelliktir ki, bir ve yalnızca bir doğru, verilen iki noktayla çakışabilir. Bu geometrik terimlerin "örtük tanımı"dır. 1. Belit (8. Kısım) aynı şeyi farklı bir biçimde ifade eder. Buna noktalar ve doğruların "örtük tanımı" denir. Bu tanımlar, tüm tanımlar gibi, keyfidir. Deneyim dünyasında ne olursa olsun, kimse bizi bu tanımları oluşturmaktan alıkoyamaz. Bunlar ne doğru ne de yanlıştır; "nokta", "doğru", "çakışma" vb. geometrik terimler bunların koyduğu kurallara göre *birbirleriyle ilişkilidir*; fakat terimleri tahta veya çelikten yapılmış üçgenler gibi fiziksel nesnelerle ilişkilendirecek kurallar koymazlar. Formülleştirilmiş geometriyi fiziksel dünyada yolumuzu bulmakta nasıl kullanacağımız meselesine gelecek olursak, şu

soruyu sormalıyız: Fiziksel dünyada, belitlerde ifade edilen özelliklere sahip nesneler var mıdır? Eğer öyleyse, o zaman teoremlerde ifade edilen özelliklere de sahiptirler. Geometrinin belitlerinin "fiziksel yorumunu" arıyoruz.

Mesela, doğruyu fiziksel dünyada demirden bir küpün kenarı olarak yorumladığımızı söyleyebiliriz. Fizikte, böyle bir cisim, yalnızca bu türden bir küpü üretmekte kullanılan teknolojik uygulamalarla tanımlanabilir. Bizim, sıcaklık ve basınçtan kaynaklı büyüklük ve şekil değişikliklerine bağlı düzeltmeleri göz önünde bulundurmamız gerekmektedir. Bu uygulamalar Paris'teki standart metrenin ortaya konulması ve olası küpümüzün bu standartla karşılaştırılarak ölçülmesini kapsar. Nihayetinde, "katı bir cismin kenarı"nı elde ederiz. Bu kenarın uçları "noktalar"ın fiziksel yorumlarıdır. P. W. Bridgman'ın "doğru", "nokta" vb. terimlerin "işlemsel tanımlar"ı dediklerine bu yoldan ulaşırız. Bu tanımların, terimlerin formülleştirilmiş geometrinin belitleriyle yapılan, "belitsel tanımlar" diye adlandırabileceğimiz tanımlarıyla farklı türlerden oldukları açıktır. Bir doğrunun başka "işlemsel tanımlar"ını da verebiliriz – bir ışık ışınının veya gergin bir ipin izlediği yol olduğunu söyleyebiliriz. İki nokta arasındaki en kısa mesafe olduğunu söyleyebiliriz – bu durumda en kısanın ne olduğunun "işlemsel tanım"ına ihtiyaç duyarız.

"Nokta", "doğru" ve "kesişme"nin fiziksel yorumlarını yaparsak geometrinin belit ve teoremleri bambaşka bir karaktere bürünürler. "Doğru", "nokta" vb. terimlerin belitsel tanımları keyfidir ama bunların yerine işlemsel tanımlarını koyarsak, fiziksel şeylerle ilgili önermelere dönüşürler ve deneyle sınanmaları gerekir: Desteklenebilir veya çürütülebilirler. Öyleyse, tahta veya çelikten bir üçgen yapıp açıları toplamını ölçer ve yaklaşık olarak 180° olduğunu bulursak, bu durum Öklidci geometriyi destekler mi? Doğrusunu is-

terseniz, desteklemez; "Öklidci geometrinin özel bir fiziksel yorumu"nu destekler. Eğer bizim için belirli bir önemi olan ve Öklidci geometrinin belitlerine tam olarak uygun "basit" nesneler bulursak, bizim için belli bir kullanımı olması bağlamında, Öklidci geometrinin "doğru" olduğunu söyleriz.

Öklidci geometrinin doğruluğunu Lobatchevski'nin geometrisi karşısında, doğrudan belitlerinin fiziksel yorumlarını karşılaştırarak sınamak mümkün değildir. Cisimlerin yeterince uzatıldığında kesişmeyen bir mi yoksa daha fazla mı kenarı olduğunu nasıl belirleyebiliriz? Pratikte, bunu doğrudan deneyle belirlemek mümkün değildir. Fizikte olduğu gibi, belki belitlerin kendileri yerine bazı sonuçlarını denetleyebiliriz. Mesela Öklid'in Belitinden, bir üçgenin açıları toplamının 180°'ye eşit olduğunu söyleyen teorem çıkar. Ölçüm yaparsak, ufak bir "eksiklik" bulabiliriz; gözlemlenen toplam 180°'den biraz az olabilir. Bu farkı deneysel hatalara yorabiliriz. Fakat Lobatchevski'nin geometrisinin de aynı fiziksel yorum için geçerli olduğunu varsayabiliriz. Bu ihtimali kabul edersek, "eksiklik"in gerçekten hatalara bağlı olup olmadığını bilmeyiz. Geçerli olanın hangi özel Lobatchevski geometrisi olduğuna göre durum değişir (7. Kısım). Birim üçgenin büyüklüğüne göre özel bir varsayım yapmamız gerekir. Ölçülen üçgen birim üçgenden çok daha küçükse, eksiklik çok küçük olacaktır. Ölçülen üçgenin tabanını bir milyon mil uzunluğunda alırsak, çok daha büyük bir eksiklik buluruz. Dolayısıyla, 180°'den az farklı bir ölçüm sonucu için açıklama yapmanın iki mümkün yolunu görebiliriz: Ya Öklidci geometri geçerlidir ve bu farkları "hatalar" diye yorumlarız ya da dünyadaki üçgenlerin birim üçgene göre çok küçük oldukları özel bir Lobatchevski geometrisi geçerlidir. Eğer iki ihtimal varsa, biz daha "sade" olanını seçeceğiz, tabii sadelik için belirgin bir ölçüt bulabilirsek.

İki belit sisteminin bir ve aynı fiziksel yorumundan bahsettik. Bir de iki farklı fiziksel yorumdan bahsetmeliyiz. İki farklı fiziksel yorumdan, mesela bir durumda ışık ışınları ile gösterilen doğrular ve diğerinde katı cisimlerin kenarlarıyla gösterilenlerden, biri Öklidci geometriyi, diğeriyse Lobatchevski'nin geometrisini destekleyebilir. Dolayısıyla, bir geometrik belitler sistemini deney hiçbir zaman destekleyemez; yalnızca bir "geometri" *artı* onun fiziksel bir yorumunu destekleyebilir. Mesele her zaman şöyledir: Geometrinin belitleri ve onların fiziksel yorumlarından oluşan genişletilmiş sistem deneyin onayını alamazsa, genişletilmiş sistemin parçalarından birinden veya diğerinden vazgeçebiliriz. Geometrinin formülleştirilmiş sisteminin fiziksel deneyler dünyasıyla ilgili herhangi bir şey söylemediğini ve "keyfi" tanımlardan oluştuğunu tekrar tekrar vurguladık. Bu durumu ortaya koyan büyük Fransız matematikçi ve filozof Henri Poincaré'dir.[27] Geometri kanunlarının asla gerçeklikle ilgili önermeler olmadıklarını, "doğru" ve "nokta" gibi terimlerin nasıl kullanılacağına dair keyfi uzlaşımlar olduklarını iddia etmiştir. Poincaré'nin bu öğretisi "uzlaşımcılık" olarak bilinir. "Doğru" gözüyle bakılan geometri önermelerinin yalnızca "uzlaşımlar" olduğunu söylediği için birçok bilim insanını kızdırmıştır. Bunlar, geometrinin insanlara sağladığı pratik faydanın büyük olduğunu vurgulamışlardır. Bu gerçeği Poincaré de kabul eder. Kullanışlı uzlaşımlar da vardır, işe yaramaz olanlar da. Fiziksel dünyada geometrinin belitlerine tam olarak uyan hiçbir şey olmasaydı (örn. katı cisimler olmasaydı), bu uzlaşımlar sisteminin hiçbir pratik faydası olmazdı; çünkü hiçbir şeye uygulanamazdı. Yine de, "eğer-ise" yapısında olduğundan, geometri doğru olacaktır. Dolayısıyla geometri gibi mantıksal yapıların, dünyada neler olduğundan ve terimlerinin anlamlarından bağımsız olarak, kendiliklerinden doğru olduklarını

söyleyebiliriz. Böyle yapılardaki terimlerin anlamlarının konuyla ilgisi yoktur. Geometrinin katı cisimlerle başa çıkmak için inşa ettiğimiz bir araç olduğunu söyleyebiliriz. Geometri kanunlarına fiziksel bir yorum getirirsek, tüm diğer fizik kanunları gibi fizik kanunları olurlar. Geometrinin çift yönlü olduğunu göz önünde bulundurmalıyız. Mantıksal bir yapı olarak, gerçeklikle hiçbir bağı yoktur ama kesin olma özelliğine sahiptir. Ona fiziksel bir yorum getirildiğinde ise, artık bu kesin olma özelliğine sahip değildir. Einstein bu durumu şöyle ifade etmiştir: "Geometri kesin olduğu sürece, fiziksel dünyayla ilgili hiçbir şey söylemez; ve fiziksel deneyimlerimizle ilgili konuştuğu sürece de kesin değildir." "Gerçek uzay"ımızın Öklidci mi yoksa gayri-Öklidyen mi olduğu sık sık sorulur. Bazıları "gerçek uzay"ımızın aslında Öklidci olduğunu, gayri-Öklidyen uzayın ise yalnızca bir kurgu, bir hayal ürünü veya zihinsel inşa ürünü olduğunu ispatlamaya çalışırlar. Bu seçenek doğru bir biçimde ifade edilmemektedir.

Mantıksal bir yapı olarak geometri ile fiziksel bir yorum olarak geometriyi birbirinden ayırt etmeliyiz. Geometrinin ne derece uzlaşımsal olduğunu anlamalıyız. Saf mantıksal açıdan, Öklidci ve gayri-Öklidyen geometriler eşit derecede tutarlı ve dolayısıyla eşit derecede "doğru" iki mantıksal yapıdırlar. "Gerçek uzayımız"ın "Öklidci" olup olmadığı sorusu şu anlama gelir: "Nokta"nın, "doğru"nun ve benzerlerinin, Öklidci geometrinin belitlerine tam olarak uyan ve dolayısıyla Öklidci geometrinin teoremlerini de tam olarak yerine getiren basit fiziksel yorumları var mıdır?

11. 20. Yüzyılda Geometri Anlayışı

1600 civarında, çağdaş bilim geliştiği zaman, bilimin mantıksal terim sistemlerini vurgulayan açıklamalarına bir miktar şüpheyle bakılıyordu. "İşlemsel tanım" kavramı düşünülme-

den uzun zaman önce, ortaçağ skolastisizminin örneklendirdiği gibi, mantıksal sistemler deneyim dünyasına esnek bir şekilde uygulanmaktaydı. İnsanın mantıksal bir sistem oluşturarak, deneyim dünyasıyla da ilgili bir kuram geliştirdiğine inanılıyordu. Konuyu fazla irdelemeden bakınca, bu inanç yanlış değildi. Bazı işlemsel tanımlar sorgusuz sualsiz kabul edilmişti; onları açık bir biçimde ifade etmeye dair herhangi bir zorunluluk duyulmamıştı. Lobatchevski ve Hilbert gibi insanlar dahi doğrulardan fiziksel dünyanın nesneleriymiş gibi, sanki bir doğrunun "işlemsel tanım"ını vermenin birden fazla farklı yolu yokmuş gibi söz ettiler. "Bir katı cismin kenarı" genellikle tabii fiziksel yorum olarak kabul edilmiştir. Fakat daha önce de bahsettiğimiz gibi, bilimin temeli olarak deneylemenin en eski savunucuları, mantıksal sistemler ile deneyim dünyası arasında iyi tanımlanmış bir bağın eksikliğinin farkına vardılar ve bu durumu eleştirdiler. Francis Bacon, *Novum Organum*'unu [Yeni Yöntem] Aristoteles'in *Organon, Metafizik* ve *Fizik* adlı kitaplarına karşı yazdı; antik bilimci bu eserlerinde mantıksal sistemlerin rolünü vurgularken "işlemsel tanımlar"ın rolüne büyük öncüsü Platon'dan daha fazla ilgi göstermiş olsa da, yine de yeterince dikkatini vermemiştir. Francis Bacon şöyle yazmıştı:[28]

> Tasım önermelerden meydana gelir ve bunlar kelimelerden oluşan önermelerdir; kelimeler ise işaretler biçimindeki fikirlerdir. Dolayısıyla, fikirler karıştırılır ve şeylerden dikkatsizce soyutlanırlarsa, üstyapının hiçbir güvenilirliği olmaz. ... Var olan mantık sistemi daha çok ... kaba fikirlere dayanan hataları desteklemek ve onları yerleşik olarak yorumlamakla meşguldür. Bu sebeple, faydasından çok zararı vardır.

Geometriyi saf mantıksal bir sistem olarak sunma dürtüsünün güçlü olduğuna şüphe yoktur. Geometri sahip olduğu "mutlak kesinlik" ile gurur duyar ve bu iddia deneysel

araştırmalara dayandırılamaz. Louis Rougier, *The Geometrical Philosophy of Henri Poincaré* [Henri Poincaré'nin Geometrik Felsefesi] adlı kitabında demiştir ki:[29]

> Geometri teoremleri çifte bir kesinliğe sahip gibi görünüyorlar; ispattan kaynaklanan zorunlu kesinlik ve uzam sezgisinden doğan duyusal kesinlik. Çifte bir doğruluğa da sahip gibi görünüyorlar: Söylemin tutarlı mantığından kaynaklanan biçimsel doğruluk ve şeylerin nesneleri ile hemfikir olmalarından doğan maddi doğruluk.

19. yüzyılın alışılmış geometri açıklamalarına göre, teoremler belitlerden yapılan biçimsel mantıksal çıkarımlara dayanıyorlardı; belitlerin doğruluğu ise "uzam sezgisi"ne dayanıyordu. Teoremlerin mantıksal olarak türetilmesi bir tartışma konusu olarak görülmemiştir; fakat "aklın gözleriyle görme" ile hemen hemen aynı kavram olan "belitlerin uzamsal sezgisi" şiddetle eleştirilmiştir. Özellikle 19. yüzyılın ortasından beri, bu durum geometrik teoremlerin sözüm ona "kesinlik"iyle bağdaşmıyor olsa da, belitleri deneyimlerin sonuçları olarak görenler tepkili davranmışlardır.

19. yüzyılın ortalarından iki büyük bilim insanı, Bernhard Riemann[30] ve Hermann von Helmholtz,[31] geometrinin belitlerinin fiziksel gözlemlerin sonuçları olduğunu ve teoremlerin fiziğin önermelerinden daha fazla kesinlik taşımadıklarını öne sürdüler. Riemann, 1854'te *On the Hypotheses of Geometry* [Geometrinin Hipotezleri Üzerine] başlıklı makalesinde şöyle yazdı: "Uzayı, düşünülebilir olan diğer üç boyutlu süreklilikVlerden ayıran özellikler, yalnızca deneyim tarafından sağlanabilirler." 1900 civarında bu görüş yenilikçi ders kitaplarına nüfuz ederken, orta kalitede kitaplar belitlerin "kendinde-apaçık" oldukları görüşüne sadık kaldılar. 1900'den sonra, önde gelen bazı matematikçiler çağdaş bakış açısını yakalamak amacıyla geometri üzerine ders kitapları yayımladılar.

Mesela, Fransız matematikçi Emile Borel,[32] 1908 tarihli ders kitabında şöyle demiştir:

> Geometrinin amacı, cisimlerin maddeden bağımsız olarak, yalnızca boyutları ve formları bağlamında düşünülebilecek özelliklerini çalışmaktır. Geometri, bir tarlanın yüzeyini toprağın iyi veya kötü olmasıyla ilgilenmeden ölçer.

İtalyan matematikçi, Giuseppe Veronese,[33] 1909'da *Elements of Geometry* [Geometrinin Öğeleri] isimli çalışmasında açıkça belirtmiştir ki: "Belit, içeriği deney yoluyla doğrulanan bir önermedir; başka bir önermeyle ne çelişir, ne de ondan türetilebilir." Belitler şimdi de fizik hipotezlerinin rolünü üstlenmeye başlamışlardı. Bu durumda teoremler aynı zamanda fiziksel olgularla ilgili önermelerdi. Ortaya şöyle bir soru çıktı: Bir belit ile bir teorem arasındaki fark neydi? İtalyan matematikçiler, Federigo Enriques[34] ve Umberto Amaldi, bu soruyu 1908'de, *Elements of Geometry* [Geometrinin Öğeleri] adlı çalışmalarında yanıtladılar:

> Figürlerin ilk geometrik özellikleri kesindir; bunlar bu fikirlere dair kavramlarımızın kaynağı olmuş olan hakiki cisimlerin dolaysız duyu *gözlemleri* ile verilirler. Bu ilk sezgisel özelliklerden, daha fazla gözleme başvurmadan, mantıksal çıkarımlarla başka özellikler türetebiliriz. Bu özellikler, genellikle daha az kesindirler.

Yazarlar, çok önemli bir noktaya, duyu gözlemlerinden aslında hiçbir genel önermenin çıkarılamayacağına, bunların yalnızca gözlemlere destek sağlayabileceklerine ve onları doğrulayabileceklerine işaret ediyorlardı. Enriques, bir üçgenin açıları toplamının 180°'ye eşit olması gibi teoremlerin doğrudan gözlemler tarafından anlatıldığını görmenin zor olduğunu, ama iki noktadan geçen tek bir doğru olduğu önermesini gözlemlerin kuvvetle desteklediğini ileri sürdü.

Bahsettiklerimizin ilki bir teorem, ikincisi ise bir belittir. Yüzyılın başındaki bu durumu Einstein 1921'de aşağıdaki gibi tarif etmiştir:[35]

> **Burada tüm dönemlerin bilim insanlarını rahatsız etmiş olan bir meseleyle karşılaşırız. Nasıl olur da insan düşüncesinin bir ürünü ve deneyimden bağımsız olan matematik, fiziksel gerçekliğin nesneleriyle böylesine mükemmel bir uyum içinde olur? İnsanın usu deneyim olmadan, saf düşünce ile hakiki şeylerin özelliklerini keşfedebilir mi?**

20. yüzyıl bu karışıklığa soyut matematikçiler veya "saf" felsefecilerin değil, matematiksel fizikçilerin bulduğu bir çözümü uygun gördü. Çözüm iki basamaklıydı. Birinci basamak, Moritz Pasch[36] gibi öncülerin çalışmalarından devam ederek, sonunda Alman matematikçi David Hilbert tarafından tamamlanan "belitsel yöntem" veya "belitlerin formülleştirilmesi"ydi. Hilbert'in inşa ettiği belitler sistemi aslında geometrik terimlerin "belitsel tanımları"ndan oluşmuştu ve fiziksel işlemlere dayanan hiçbir tanımı dahil etmemişti. Fakat Hilbert, "bu formel sistemin de sezgi yeteneğimizin mantıksal bir analizi olduğunun" farkına vardı. "Uzam sezgimiz önsel mi [aklın gözleriyle görme] yoksa deneysel mi" diye tartışmaktan kaçındı. Burada dikkat çekici olan, 1899 yılında, formel belitler sistemi ile fiziksel cisimlerin özellikleri arasındaki bağlantının, hâlâ sadece "uzam sezgisi" gibi anlaşılması güç ve birden fazla anlama gelebilen terimlerle tarif ediliyor olmasıdır.

İkinci basamak ise, öncelikle Fransız matematikçi, fizikçi ve filozof Henri Poincaré sayesinde gerçekleşmiştir.[37] Poincaré, 19. yüzyılın sonuna doğru, hem biçimsel-mantıksal hem de deneysel-fiziksel yönleri bir arada bulunduran bir geometri kurmaya girişti. Hilbert "geometrik terimleri" "belitsel tanımlarla" ifade etti ve bunların fiziksel yorumlarına yalnızca

"uzam sezgisi" gibi muğlak terimlerle gönderme yaptı. Poincaré'ye göre, Hilbert'inki gibi sistemlerin tanımladığı terimler fiziksel şeylerdi. Belitler, dünyamızda fiziksel nesneler olduğunu veya belitlere tam olarak uyan fiziksel nesneler üretilebileceğini iddia ederler. Mesela, "doğrular"ın yerini "ışık ışınları"nın alabileceğini söylersek, belitler "fizik önermeleri" haline gelirler. Eğer boş uzayda ışık ışınlarından meydana gelmiş bir üçgenin açıları toplamının iki doğru açıya eşit olup olmadığını bilmek istersek bir zorlukla karşılaşırız. Bahsi geçen toplamın iki doğru açıdan farklı olduğunu bulursak, bu durumu, bulunan "eksiklik" ile Öklidci geometrinin geçersiz olması arasında herhangi bir ilgi olmadığını ve ışınların, var olduğu o zamana kadar bilinmeyen bazı fizik kanunlarına bağlı olarak saptığını söyleyerek de yorumlayabiliriz. Bu türden düşüncelere dayanarak Poincaré ışık ışınlarının Öklidci belitleri tam olarak yerine getirip getirmediğini ancak ışık ışınlarıyla ilgili bütün fiziksel kanunları bilirsek denetleyebileceğimiz sonucuna vardı. Aksi takdirde, Öklidci geometrinin geçerli olup olmadığını deney yoluyla hiçbir zaman anlayamayız. Öte yandan, eğer "Öklidyenlik"ten uzaklaşmaya bağlı her türlü "eksiklik"i telafi eden fizik kanunlarının geçerliliğini varsayarsak, belitlerin her koşulda geçerli olmalarını sağlayabiliriz.

"Öklidci geometrinin geçerliliğini sınamak" bu şekilde olacaksa, Öklidci ve gayri-Öklidyen geometrilerden hangisinin doğru olduğuna karar vermenin deneysel bir yöntemi yoktur. Einstein şöyle demiştir: "Bana kalırsa, Poincaré *sub specie aeternitatis* [sonsuzluk bakımından] haklıdır." Fakat Einstein[38] "Öklidci geometrinin geçerliliğini sınamak" ifadesine daha dar bir anlam vermeyi tavsiye ediyordu. Şöyle dedi:

Benim düşüncem, bugün hâlâ Öklidyen geometriye göre tanımlanmış ölçüm çubukları ile saatlerin kullanılmasının gerekli

olduğudur. Bu demektir ki, geleneksel yoldan üretilmiş ölçüm çubukları ile saatlerin, uzay ve zamanın küçük bölgelerinde Öklidyen geometri ile Newtoncı fiziğin yasalarına uyduklarını ileri süren hipotez ile işe başlamak zorunludur. Bu durumda (*G*) ile (*F*), kesin uzamsal ve zamansal sınırlarla sabittirler. Öyleyse şu soru sorulabilir: Fiziğin bilinen yasalarının dünyanın her yerinde geçerli olduğunu varsayarsak, Öklidyen geometriyi dünyanın her yerinde uygulamak mümkün müdür? Bu sorunun cevabı olumlu ise, Öklidyen geometrinin geçerliliği doğrulanmış olur; yok eğer olumsuz ise, çürütülmüş olur.

Katı çelikten küçük küpler yapılabilir. Einstein'ın varsayımına göre, bunlar boşluksuz küçük duvarlar inşa etmekte kullanılabilirler. Öyleyse insan milyonlarca mil boyunca uzanan boşluksuz duvarlar yapabilir mi diye de öğrenmeye çalışabilir. Öklidci geometrinin geçerliliği bu şekilde test edilebilir.

Poincaré ve Einstein'ın karşılaştığı bu "bilmece"nin çözümünü Einstein eksiksiz bir şekilde özetlemiştir:

Belitsel geometrinin elde ettiği ilerleme, mantıksal biçimi olgusal ve sezgisel içerikten açıkça ayırabilmesinden kaynaklanır. Belitsel geometriye göre, yalnızca mantıksal-biçimsel olan matematiğin nesnesidir; mantıksal-biçimsel olana bağlı olan sezgisel içerik öyle değildir... Fiziksel nesnelere dair önermeler, belitsel geometrinin boş kavramları ile fiziksel gerçekliğin gözlemlenebilir nesnelerinin eşleştirilmesiyle elde edilirler. Özellikle de katı cisimler, üç boyutlu Öklidyen geometrinin teoremlerine uygun davranırlar.

Belitsel geometri ile fiziksel nesnelerin davranışları arasındaki ilişkiyi ele almaya uygun olan genel şema, P. W. Bridgman tarafından geliştirilmiştir.[39] Bridgman, geometrinin görevinin tamamını yerine getirmek için "belitsel tanımlar"a eklenmesi gereken "işlemsel tanımlar" kavramını öne sürmüştür. Bridgman, belitsel geometride yer alan "doğru" gibi tüm te-

rimlerin, her bir terimle tarif edilen nesnelerin üretilmesi için teknik bir işlemle eşleştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. "İşlemsel tanım" adından da anlaşıldığı üzere, bu türden her işlem günlük dil aracılığıyla tarif edilebilir. Tanımın özünde, "fiziksel işlemler"e indirgeme vardır. Basit bir örnek olarak Brigman'ın "uzunluk" tanımını alıntılayabiliriz. Bridgman şöyle yazmıştır:

> Bir nesnenin uzunluğu ne anlama gelir? Eğer her bir nesnenin uzunluğunun ne olduğunu söyleyebilirsek, uzunluk ile ne demek istediğimizi kesin olarak biliriz. Bir nesnenin uzunluğunu bulmak için, belirli fiziksel işlemleri yerine getirmemiz gerekir. Dolayısıyla, uzunluğun ölçüldüğü işlemler belirlenirse, uzunluk kavramı da belirlenmiş olur. Kısacası uzunluk kavramı, uzunluğu belirleyen işlemler kümesini kapsar ve daha fazlasını içermez.

Geometrinin 1800 öncesi ve sonrasında geçirdiği evrim, bilim felsefesinde fazlasıyla önemli gelişmelere sebep oldu. Bilime yaklaşımda 20. yüzyıl akımını sezen ilk Fransız filozoflardan biri olan L. Rougier[40] *The Geometrical Philosophy of Henri Poincaré* kitabında şöyle yazmıştır:

> Gayri-Öklidyen geometrilerin keşfinin, bilgi kuramında ve insan ile evrene dair metafizik kavramlarımızda hatırı sayılır bir devrimi başlattıkları ortaya çıkacaktır. Kısaca ifade etmek gerekirse, bu keşif epistemolojiyi geleneksel mantığın iddiaları altında kilitli tutan ikilemi çözmüştür: Bilimin ilkeleri ya *zorunlu doğrulardır* [sentetik önsel mantıksal sonuçlar] ya da *olumsal doğrulardır* [duyu gözlemlerinin olguları]. Poincaré, Lobatchevski ile Riemann'ın işlerinden aldığı ilhamla, geometrinin bu çok önemli meselesinde başka bir çözümün daha mümkün olduğuna işaret etti: İlkeler gelişigüzel basit uzlaşımlar olabilirler. ... Ancak aklımız ve doğamızdan bağımsız olmak bir yana, yalnızca bütün akılların sözsüz bir anlaşmasıyla vardırlar ve yaşayageldiğimiz çevrenin olgusal dış koşullarına sıkı sıkıya bağlıdırlar.

Geometride fikirlerin evrimine bakarak gayri-Öklidyen geometrinin doğumundan beri bilim insanları gibi filozofların da kafasını karıştıran iki soruya cevap bulabiliriz. İlki "gerçek uzay"ımızın Öklidci mi yoksa gayri-Öklidyen mi olduğu sorusudur. İkincisi ise, gayri-Öklidyen geometrinin Öklidci geometri kadar zihinde canlandırılabilir veya sezgisel olup olmadığıdır. "Uzay"a dair soru muhtemelen şu şekilde de ifade edilebilir: Öklidci geometrinin belitlerine tam olarak uyan fiziksel nesneler bulmak mümkün müdür? Açıkçası, bu soruya hiçbir zaman kesin bir olumsuz cevap verilemeyeceğinden, aslında şöyle sormalıyız: Günlük hayatta kullandığımız dilde, "doğrular" ile bağlantılandırdığımız, ışık ışınları veya katı küplerin kenarları gibi belirli bazı basit nesneler Öklidci belitlerle tam olarak uyuşur mu? Diğer soruya gelince, "sezgisel" teriminin kullanımında bir anlam karmaşası olduğunu göz önünde bulundurmalıyız. Bu terim, "duyu gözlemleriyle algılanabilir" demek olabilir ama "zihnin gözleriyle veya iç sezgiyle algılanabilir" anlamına da gelebilir. Bu anlamlardan birincisine göre üzerinde yazı yazdığımız masaya dair bilgimiz "sezgisel"dir; ikinci anlama bakarsak, geçerliliklerinin kendinde-apaçık olduğunu düşünenlere göre geometrinin belitleri "sezgisel"dir. Bu anlam karışıklığı, "sezgisel"e karşılık gelen "*anschaulich*" kelimesine bilim felsefesinde sıklıkla yer veren Alman felsefesinde daha da büyük bir rol oynar; "anschaulich" çok tercih edilen bir kelime olmuş ve epey kafa karışıklığı yaratmıştır. "Sezgisel" kelimesinin ilk anlamına bağlı kalırsak, ki bu bilimde kabul edilebilir olan tek anlamdır, büyük Alman fizyolog, matematikçi, fizikçi ve filozof Hermann von Helmholtz'un[41] geometri veya başka herhangi bir bilimin "sezgisel" olarak temsil edilmesini tanımladığı yoldan gitmiş oluruz. Von Helmholtz, bunu şu şekilde tanımlamıştır:

> Nesnenin bizde üreteceği duyu izlenimlerini [yani, belitler ve işlemsel tanımlarla tanımlanan fiziksel nesneyi], duyu organla-

rımızın bilinen yasalarına göre, gözlemin kavranabilir tüm koşulları altında, tam olarak hayal etmek anlamına gelir. ... Eğer duyu izlenimi serileri tam olarak ve belirsiz olmayacak şekilde verilebilirse, nesnenin *sezgisel olarak temsil edilebileceği* kabul edilmelidir.

Bu bağlamda gayri-Öklidyen geometri de kesinlikle en az Öklidci geometri kadar sezgiseldir. Mesela Lobatchevski'nin belitlerini kabul eder ve boş uzayda ışık ışınlarının oluşturduğu bir üçgende ölçüm yapmak istersek, açıları bir iletkiyle veya fizikte kabul gören başka herhangi bir yöntemle ölçmek için sahip olmamız gereken duyu izlenimlerini öngörebiliriz.

Gayri-Öklidyen geometriyi anlama yolunda geometri ve fiziğin zorunlu birliğinin farkına varan Riemann, von Helmholtz ve Poincaré çok önemli adımlar attılar. Fakat Einstein, geometri ve fiziğe dair böyle bir birlikteliğin, gerçekte gözlemlenmiş görüngülerin türetilebilmesi için hakikaten zorunlu olduğunu gösterene kadar gayri-Öklidyen geometriyi anlamak tam olarak başarılamadı.

4. BÖLÜM

HAREKET YASALARI

1. Galileo ve Newton'dan Önce

Duyu gözlemlerine ve pratiğe dayanan desteklemenin, geometride olduğundan daha büyük bir rol oynadığı bir bilimi inceleyeceğiz. Bütün bilimlerde temel bir yere sahip olan hareket kuramına geri döneceğiz. İhtiyaçları karşılayan bir hareket kuramının geliştirilmesi, belki de bilim tarihinde atılan en büyük adımlardan biriydi. Burada da, formel sistem (belitler) ile onun fiziksel yorumları arasında geometride olanla aynı ayrımı bulacağız ama aradaki bağlantı çok daha karmaşık olacak. Günümüzdeki hareket teorisinin gelişmesi çok uzun zaman aldı ve bunun gelecekteki doğru şema olup olmayacağını bilmiyoruz. Kuramın nasıl geliştiğini görmek için öncesini incelemeliyiz ve bugün kabul ettiğimiz hareket kuramlarının her zaman var olmadıklarının farkında olmalıyız. Geçmişteki teoriler çok farklıydı ve bugün kullanışlı bulacağımız türden değillerdi. Diğer taraftan, eski teorilerin kendi mantıksal tutarlılıkları ve güzelliklerini doğru şekilde takdir etmek çok önemlidir. Onlara inanmış olan insanların "yanlış" yapmış olduklarını öylece söyleyemeyiz ama şimdikinden farklı bir semboller şeması kullandıkları kesindir.

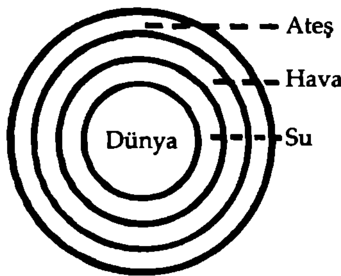
Tarihsel kayıtlara göre, geometri oldukça istikrarlı bir bilim olagelmiştir. Öklidyen ve gayri-Öklidyen geometriler arasındaki fark dahi geometrinin teknolojik meselelere uygulanmasını pek etkilememiştir. Oysaki mekaniğin tarihi, çağdaş mekanik ile (17. yüzyıldan beri) daha eski teoriler arasında büyük farklılıklar olduğunu ortaya koyar. Herbert Butterfield'in[1] *The Origins of Modern Science* [Modern Bilimin Kökleri] adlı kitabında bu tarihin çok güzel bir betimlemesi bulunur. Günümüzde Newton mekaniği, nükleer teknoloji haricinde teknolojinin diğer tüm alanlarında uygulanmaktadır.

Çağdaş mekanik terimini, nerdeyse tüm uygulamaların temeli olan "Newton mekaniği" anlamında kullanıyoruz. Newton mekaniğindeki ilk ve temel belit birinci yasadır, yani "eylemsizlik yasası"dır. Bugün, okullarda öğrendiğimize göre bu yasa şunu ileri sürer: "Hareketsiz bir cisim, kendi haline bırakılırsa, hareketsiz olmaya devam edecektir; hareket halindeki bir cisim, başlangıç hızı ile bir doğru boyunca hareket etmeye devam edecektir." Birçok ders kitabı, bizi bunun kendinde-apaçık olduğuna da ikna etmeye çalışacaktır. Bu yasayı tartışmayı daha sonraya bırakıp şimdilik kesinlikle kendinde-apaçık olmadığını göstereceğiz. Eylemsizlik yasasını anlamak için, "doğrusal hareket"in ne olduğu ve "bir cismin kendi haline bırakılması"nın ne anlama geldiği üzerine konuşmalıyız. Bir odadaki dikdörtgen bir masanın kenarına paralel bir hareket, sabit yıldızlara göre doğrusal hareket değildir; dünya "sabit" denilen yıldızlara göre döner ve aslına bakarsanız bu yıldızlar sabit değillerdir. Doğrusal bir hareketi tanımlamak çok zordur. Eylemsizlik yasası çok karmaşık bir yasadır ve ortakgörüye göre kesinlikle ne akla yatkın ne de kendinde-apaçıktır.

Newton mekaniği kabul edilmeden önce insanlar neye inanıyorlardı? Mekanik kuramı, Aristoteles veya en önemlileri Aziz Thomas Aquinas[2] olan ortaçağ Aristotelesçileri ta-

rafından nasıl meydana getirildi? Bir ortaçağ şiiri, Dante'nin[3] İlahi Komedya'sı, hareket kuramının bu erken döneminin oldukça renkli bir tasvirini yapar. Dante'ye, öteki dünyanın iki alt tabakası olan Cehennem ve Araf'ta Virgil eşlik eder ve sıra Cennet'e girmeye geldiğinde Dante şaşkınlıkla oraya yükselebildiğini görür; şaşırmasının sebebi çok ağır olmasıdır. Ancak, ona Cennet'te eşlik eden, "küllenmiş aşkı" Beatrice, Dante'ye mekanikle ilgili bilgiler verir. Ona, mekaniğin temel yasasının, tüm cisimlerin yere düştüğünü değil, tüm cisimlerin ait oldukları yere gittiğini söylediğini anlatır. Artık birer ruh olduklarından, mekanik yasasına karşı gelmediklerini, aksine yukarı giderek yasaya uyduklarını açıklar.

Bugün bütün cisimlerin aşağı yukarı yüz tane elementten meydana geldiğini düşünüyoruz ama antikçağ ve ortaçağda iki farklı cisim türü olduğu düşünülüyordu: yer cisimleri ve gökcisimleri. Yer cisimlerinin dört farklı elementten meydana geldikleri düşünülüyordu –toprak, su, ateş ve hava– ve bu dört elementin, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, dünyada belli bir doğal dağılım halinde oldukları düşünülüyordu:



Şekil 31

Bu elementlerin hepsi yerlerinde kalsaydı hiç hareket olmazdı; ama dünya üzerinde bozulmalar olduğundan, doğal olan ile doğal olmayan hareketleri birbirinden ayırmak zo-

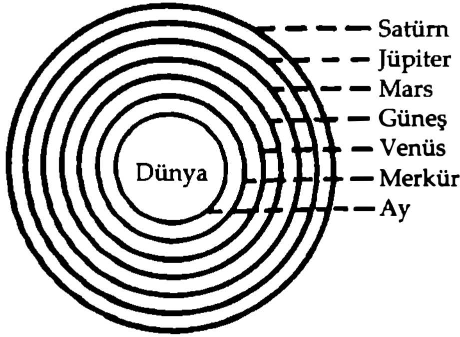
runluydu. Bir parça toprağı havaya kaldırmak doğal değildi ama toprağın düşüp yeniden yere dönmesi doğaldı. Ait olduğu yere geri dönmek her şeyin doğal hareketiydi; bütün cisimler doğal yerlerine mümkün olan en kısa sürede yeniden düşmeye çalışıyorlardı ama bunu yaparken karşılarına engeller çıkabiliyordu. Engel ne kadar büyük olursa o kadar yavaş geri dönüyorlardı. Hareket genellikle, doğal olan ve olmayan hareketlerin karması olarak düşünülüyordu.

İlk bakışta bu o kadar da kötü bir teori değildir; en bariz görüngülerin hesabını verir. Fakat önemli bir zorluk vardır; bir cismi fırlatırken ona elimizle karışık bir hareket verebiliriz ve daha sonra bu doğal olmayan harekete bir süre daha devam ettiğini gözlemleriz. Bugün bu durumu eylemsizliğe bağlıyoruz ama antik mekanikte hareketi açıklamanın yalnızca iki yolu vardı. Birincisi, bir cisim "yerine" gitmeye çabalayabilirdi (doğal hareket); belli ki fırlatılan bir cismin yatay doğrultuda gidebileceği bir "yer" yoktu. İkincisi, bir cisim "zor kullanarak" hareket ettirilebilirdi; mesela birinin onu eliyle itmesiyle. Fırlatanın eli fırlatılan nesneye sadece ilk anda değdiğinden, hareketin yatay doğrultuda devam etmesi havanın onu devamlı itmesiyle açıklanıyordu. Başka bir zorluğun sebebi de yukarıdaki kurama göre düşen bir taşın hızının sabit kalmasının gerekmesiydi, çünkü bir cismin hızını belirleyen tek şey "doğal yerine" gidişi ve havanın gösterdiği dirençti; oysaki düşen bir taşın hızlandığı biliniyordu. Bu duruma getirilen iki açıklama vardı: Cisim aşağıya ilerledikçe üzerinde kalıp onu iten havanın artması ve yerine ne kadar yaklaşırsa o kadar istekli hale gelip hızlandığı fikri.

2. Antik Hareket Yasaları "Organizmik"ti

Bu antikçağ ve ortaçağ teorisi "organizmik" diye nitelenebilir. Bu teori, cansız varlıkların (kayalar gibi) hareketlerini hayvanların hareketleriyle analoji içinde anlıyordu. Bir köpe-

ğin belirli bir et parçasına ulaşmak için belirli bir hareket icra ettiğini söylememiz gibi, ortaçağ mekaniği de bir taşın "doğal yeri"ne ulaşmak için düştüğünü varsayıyordu. Gökcisimleri için durum nasıldı? Şekil 31'deki ateş çemberinin ötesinde, dönmekte olduğu düşünülen gökcisimleri âlemi veya gezegen küreleri başlıyordu.



Şekil 32

Gökcisimleri yer cisimlerinden çok daha incelikli bir maddeden oluşuyorlardı. Yedi kürenin her birine ait bir ruh, bir tür tanrı vardı. Kürelerle ilgili çeşitli fikirler vardı ama genel olarak dünyaya ait olmayan bir maddeden meydana geldikleri düşünülüyordu. Bazı yazarlar bunları kristal küreler olarak tarif ediyorlardı. Ortak özellikleri, olabilecek en mükemmel şekilde hareket ediyor olmalarıydı: daimi, düzgün, dairesel hareket. Peki, yedinci kürenin dışında ne vardı? Sekizinci küre olan sabit yıldızlar küresi vardı; yıldızların sekizinci küre üzerinde sabitlenmiş ve onunla birlikte hareket ediyor oldukları düşünülüyordu. Sekizinci kürenin ötesinde de cennet vardı. Beatrice Dante'yi ay küresinin girişinde karşılamıştı; ve şair bize yedi âlemi anlattı.

Bu kuramın bütününün amacı şu sorudadır: Bu alemlerin devamlı hareket halinde olmasını sağlayan nedir? Bu soruya

verilen cevaplardan biri, her birindeki ruhtan dolayı kürelerin kendi kendilerine hareket edebiliyor olmasıydı. Werner Jaeger,[4] *Aristotle* [Aristoteles] adlı kitabında, Aristoteles'in fikirlerini nasıl adım adım değiştirdiğini anlatır. Sonunda "ilk hareket ettirici" veya "primum mobile" fikri ortaya çıkar – sekizinci kürenin ötesinde, kendisi hareket etmeyen ama diğer her şeyi hareket ettiren dokuzuncu bir küre. Sonradan eylemsizlik yasasına dönüşen ortakgörü deneyimini, antikçağ ve ortaçağdaki bilim insanları, bu yasayla muğlak bir benzerlik içinde, fakat uygulamada çok farklı sonuçlar veren bir şekilde formülleştirdiler. Bu sonuçlar yalnızca çağdaş anlamda mekaniği değil, metafizik ve dinin yönettiği insan davranışları alanını da ilgilendiriyordu. Aristoteles ve Thomas Aquinas'a göre: "Hareket halinde olan her şey, başkası tarafından hareket ettirilir." Bu önermenin günlük hayatımızdaki deneyimlerimizi genel olarak tarif ettiği açıktır. Aristoteles ve Aziz Thomas'a göre bu, "anlaşılır ilkelerden" türetilmiş "felsefi bir doğru"ydu. Filozoflar bunu çeşitli şekillerde türetmişlerdi. Ben yalnızca Aziz Thomas'ın yaptığı akıl yürütmeden bahsedeceğim: Aziz Thomas, "bir cisim kendi kendine, başkasının müdahalesi olmadan harekete geçebilir" iddiasının aksini ispatlamaya çalıştı. Biz de, katı bir cismin bir bütün olarak "kendi kendine" hareket edebildiğini varsayalım. Öyleyse, bir parça hareketsizken, bütün de hareketsizdir; bir parça hareket ederse, bütün de hareket eder. Bu durumda, bir parçanın hareketi başka bir parçanın hareketine bağlıdır. Dolayısıyla, bütün kendi kendine bir bütün olarak hareket etmez; bu da ilk varsayımımızla çelişir. Sonuç olarak, "hareket halinde olan her şey, başkası tarafından hareket ettirilir" önermesi gösterilmiş olur.

Bu önermeden yola çıkarak, antikçağ ve ortaçağ filozofları birçok sonuca varmışlardır: Aziz Thomas şöyle yazmıştır:[5]

> Hareket eden her şey bir başkası tarafından hareket ettirilmektedir: Ve hareket eden şeyler olduğu, mesela Güneş'in hareket etmekte olduğu açıktır. Demek ki, onu hareket ettiren başka bir şey tarafından harekete geçirilmiştir. Onu hareket ettirenin kendisi, ya hareket ettirilmiştir ya da ettirilmemiştir. Eğer hareket ettirilmemişse, bu durumda hareket etmeyen bir hareket ettiricinin varlığını ileri sürmemiz gerektiği ispatlanmış olur ve buna Tanrı adını veririz. Ancak hareket ettiriliyorsa, başka bir hareket ettirici tarafından hareket ettirilmektedir. Öyleyse, ya bunu sonsuza dek sürdürmemiz gerekir ya da hareket etmeyen bir hareket ettiricide durmamız gerekir. Fakat bir işi sonsuza dek devam ettirmek mümkün değildir. Dolayısıyla, hareket etmeyen bir hareket ettiriciyi öne sürmek zorunludur.

Bu şekilde, anlaşılır ilkelerden "ilk hareket ettirici"nin varlığı çıkarılmış ve bu varlık sabit yıldızlar kümesini çevreleyen dokuzuncu gök küresiyle özdeşleştirilmiştir. Sabit yıldızlar küresinin ise bir sonraki küreye hareket vererek, harekete geçirdiği kürenin de kendisinden sonraki küreye hareket vermesi ve bunun böylece devam etmesiyle, diğer tüm küreleri hareket ettirdiğine inanılıyordu. Dolayısıyla tüm hareketin başlangıcı sabit yıldızlar küresiydi – astrolojinin de temeli. Gördüğümüz kadarıyla, bir ilk hareket ettirici fikri Thomas Aquinas tarafından Tanrı'nın varlığının kanıtı sayılıyordu. Bu sebepten dünya görüşünün önemli bir parçasıydı ve kesinlikle dinle bağlantısı vardı. Kökleri, ortaçağ düşüncesinin veya günümüzde söylediğimiz haliyle, ortaçağ insanlarının davranış kalıplarının çok derinlerine uzanıyordu.

Bu organizmik kuram, cansız doğaya olduğu kadar hayvanlara da uygulanabiliyordu; aslında hayvanlara uygulanması daha kolaydı. Çağdaş teoriye aşamalı bir geçiş sağlayan değişiklikler olmasına rağmen, bilim insanlarının düşüncelerinde 1600 yılına kadar bu kuram egemendi. Aslına bakarsanız, hareketin organizmik kuramı hiçbir zaman gerçekten

yok olmadı. Bilimdeki yerini yavaş yavaş kaybetmiş olsa da, bilimin felsefi yorumlarında günümüze kadar saklı kaldı.

Bilim ve felsefe için zincir metaforunu kullanacak olsaydık, şöyle derdik: Bu kuram, anlaşılır ve akla yatkın bir dünya sistemine olan ihtiyacı karşıladı; fakat zincirin felsefi ucundan bilimsel ucuna ilerlerken, hem gökcisimleri aleminde hem de yer cisimleri aleminde zorluklar vardı. Gökcisimleriyle ilgili sıkıntılar Yunanların dikkatini çekti. Gezegenlerin (Güneş ve Ay dahil) görünen hareketlerini yöneten yasalar yüzyıllardır biliniyorlardı; örneğin tutulmaların nasıl öngörüleceği biliniyordu. Kısa zamanda anlaşıldı ki, organizmik kuramın genel yasaları, eski deneysel yasalarla yakın bir fikir birliği içinde değillerdi. Bu fikir ayrılığı, bilim ve felsefe arasındaki ayrılığın kaynaklarından biriydi – insanlar iki tane dünya sistemiyle yaşamaya alıştılar; bir tanesi astronomi veya fizikteki teknik amaçlar, diğeriyse felsefedeki "anlaşılır doğrular" içindi (*bkz.* 1. ve 2. Bölümler).

Yer cisimlerinin hareketlerini açıklamanın da bazı zorlukları vardı, mesela fırlatılan cisimlerin hareketlerini. Hızın yatay bileşeni sabit kalır. 1. Kısım'da öğrendiğimiz gibi, bu ne "doğal" ne de "doğal olmayan veya bir dış kuvvet etkisiyle yapılan" bir hareket olabilir. Organizmik kuramda yapılan değişiklikler geliştirilirken bu zorluklar birer odak noktası oldular; fakat 1600 civarındaki döneme kadar yer cisimlerinin hareketlerine dair matematiksel sonuçlar sağlayan tatmin edici bir teori yoktu. Bu sebeple, yer cisimlerinin hareketlerinin, felsefi söylem üzerinde gezegen hareketlerindeki zorluklar kadar etkileri olmuyordu. 1600 civarında, gökyüzü ve yeryüzü görüngüleri arasında, Galileo'nun başlayıp Newton'ın tamamladığı bağların kurulması bilim felsefesi tarihinin en önemli dönüm noktalarından biri oldu.

3. Bir Organizma Olarak Evren

Hareketin "organizmik" yasalarını tam olarak anlamak için, çok daha genel bir anlayışın bir parçası olduklarının farkında olmalıyız: İnsan organizması ile evren arasındaki analoji. Aşağıdaki, Yahudi ortaçağ filozofu Musa ibn Meymun'un[6] tipik açıklamalarından biridir. 1194'te şöyle yazmıştır:

> Bilin ki Evren, bir bütün olarak, tekil bir varlıktan başka bir şey değildir. ... Nasıl ki tekil bir varlık et, kemikler, kaslar gibi çeşitli katı maddeler, çeşitli salgılar ve çeşitli tinsel öğelerden meydana geliyorsa, ... Evren de bütünüyle, gök küreleri, dört element ve onların bileşimleri... vb.den meydana gelir. Merkezinde toprak dünya vardır; onu su çevreler; suyu hava kuşatır; havayı da ateş örter; bu sonuncuyu da beşinci madde içine alır (beşinci töz). ...

Meymun, insan bedeni ile fiziksel evren arasındaki analojiyi şu şekilde detaylandırdı:

> İnsan bedeninin ana kısmı olan kalp, daimi hareket içindedir ve bedendeki her hareketin kaynağıdır. ... En dıştaki küre benzer bir şekilde kendi hareketiyle evrenin bütün parçalarını yönetir. ...

Aşağıdaki paragrafta Meymun, insan vücudu ile evren arasındaki analojinin üstünde durarak, hareketin organizmik kuramının özünü eksiksiz ortaya koymuştur:

> Kalbin atışları bir anlığına kesintiye uğrasa, insan ölür ve bütün hareketi ile gücü sona erer. Aynı şekilde, küreler duraklayacak olsa bütün evren bozulur ve her şeyin varlığı son bulur.

Aristoteles'in *Hayvanların Hareketleri Üzerine*[7] adlı kitabına bakarsak, cansız varlıkların hareketleri ile insan ve hayvan vücudunun hareketleri arasındaki analojiyi açıkça görebiliriz. Aristoteles, dünyada hareketin nasıl ortaya çıktığını araştırdı. Cansız varlıkların karşılıklı etkilerinin dikkate alınmaması durumunda hareketin sebebi olarak "canlı varlıklar"ın bulu-

nacağını gözlemledi. Bunun basit bir örneği, bir topu fırlatan bir oyuncu olabilir. Aristoteles şu noktanın üzerinde durdu:

> ... tüm canlı varlıklar, bir nesne ile hareket eder ve ettirilirler; bu onların bütün hareketlerinin vadesidir; gözetilen hedeftir. Canlı yaratığın anlık, hayal gücü, erek, istek ve arzu ile hareket ettirildiğini görürüz. Bunların hepsi akıl ve tutkulara indirgenebilirler.

Aristoteles, insanların ve hayvanların hareketlerinde arzunun rolünü, gökcisimlerinin hareketlerinde hareket etmeyen hareket ettiricinin (ilk hareket ettirici) rolüyle şu şekilde karşılaştırdı:

> Bir açıdan ebedi hareket ettirici tarafından ebediyen hareket ettirilen, bütün canlı yaratıklarla aynı şekilde hareket ettirilmektedir; başka bir açıdan da farklı şekilde hareket ettirilmektedir. Gökcisimleri ebediyen hareket ettirilirken, canlı yaratıkların hareketinin bir sonu vardır.

Fizik adlı kitabında Aristoteles, hayvanların hareketlerini gemilerin hareketlerini tartıştığı şekilde ele aldı. İkisine de aynı genel kuralları uyguladı. 2. Kısım'da öğrendiğimiz gibi, hareketin organizmik yasalarına göre hiçbir cisim kendiliğinden hareket edemez; her zaman başkası tarafından hareket ettirilmelidir. Fakat görünen o ki, bir insan veya bir hayvan "kendiliğinden" harekete geçebilir. Aristoteles, görünürdeki bu anlaşmazlığı *Fizik*'te[8] "hayvanlarda, tıpkı gemilerde ve doğal olmayan yollardan oluşmuş şeylerde olduğu gibi, harekete sebep olan hareketten etkilenenden ayrıdır ve ancak bu bağlamda bir bütün olarak hayvan kendi hareketine sebep olur" diyerek bertaraf etmiştir. Aynı durumu daha genel bir şekilde, şöyle açıklamıştır:

> Bir şey kendi kendine hareket ettiğinde, hareket ettirici olan, bu şeyin bir parçasıdır; hareket ettirilen de başka bir parçasıdır. ... Dolayısıyla bu şeyin bütünü içerisinde, kendisi hareket etmeden

> bu şeye hareket katan ile hareket ettirilen arasında bir ayrım yapabiliriz. ... *AB*'nin kendi kendine hareket ettiğini söyleyebileceğimiz gibi, *A* tarafından hareket ettirildiğini de söyleyebiliriz.

Başka bir ifadeyle, akıl veya arzunun, çağdaş bir örnek vermek gerekirse, motorun buharlı gemiyi hareket ettirdiği gibi bedeni hareket ettirdiği düşünülüyordu. Aristoteles veya Thomas Aquinas'a göre, insan arzusunun insan vücudunun hareketi üzerindeki etkisi, bir geminin yelkenlerine esen rüzgârın uyguladığı mekanik kuvvetin etkisiyle aynı türdendi. Hareketin organizmik yasalarına göre, bir insanın kendi istenci etkisi altındaki hareketi, bir geminin rüzgar etkisi altındaki hareketiyle aynı türden bir "fiziksel" olaydı.

Galileo ve Newton'dan sonra, hareketin organizmik yasaları fiziksel yasa olma vasıflarını kaybettiklerinde, insan istencinin uzuvların hareketine etkisi ile rüzgârın bir geminin hareketine etkisi birbirinden tamamen farklı olaylara dönüştüler. İlk olayda "zihnin vücut üzerindeki bir etkisine" başvurulurken, ikincide maddenin başka bir madde parçası üzerindeki etkisi vardı. "Zihinsel veya ruhsal bir kuvvet", "fiziksel kuvvet"ten ayırt edilmişti. Sıkça dile getirilen bir düşünceye göre, istencimizin bacaklarımızı kaldırmayı nasıl başardığını "iç deneyimimiz" sayesinde "dolaysız bir şekilde anlayabiliriz"; ama rüzgârın gemiyi nasıl hareket ettirdiğini doğrudan iç deneyimle anla*ma*yız. Bu sebepten, bilim insanları arasında şöyle bir düşünce yaygınlaşmıştır: Eğer gemiyi iten rüzgârın yelkenlere etkisiyse, bu olguyu "anlama"nın felsefi bir yolu yoktur; bu bizim kabul etmek zorunda olduğumuz yadsınamaz bir gerçektir. Öte yandan, gemi ve insan arasındaki analojinin üzerinde durmak konuyu anlamamıza faydalı olacaktır. Bu analojiyi, rüzgârın yelkene bir "kuvvet" uyguladığını söyleyerek ifade ederiz; buradaki "kuvvet" kelimesi bize istencimizi, yani zihinsel anlamda kuvveti hatırlatır. Bu

şekilde, zihinsel "kuvvet" kavramı, teknik mekanik alanına girmiş olur. Bir mühendis, hava akımının uçak üzerine "kuvvet" uyguladığını söyleyecek ve "istenç"in uzuvlarımız üzerindeki etkisi ile kurulan analojiye bakarak, uçağın hareketini "anladığını" düşünecektir.

Böylece "hareketin organizmik yasaları" çağdaş mekanik alanına sızmıştır. Bu durum hareket yasaların öğretildiği veya kullanıldığı her sınıfta ve atölyede görülebilir. Newtoncı mekanik döneminde ve sonrasında, "organizmik" bilimden artakalanların gerekçesi, cisimlerin hareketlerini "anlamak" için bir araç olmalarıydı. Mekanik "kuvvet" ile "istenç gücü" arasındaki analoji olmadan, mekanik aletlerin devinimlerine dair hesaplar yapabileceğimiz ama bunları "anlamayacağımız" hissi hâkimdi. "Anlamak" ifadesi, "yalnızca hesaplamak" ifadesi karşısında özel bir psikolojik tatmini temsil eder; bizi acı veren bir gerilimden kurtarır. Açıkça görülüyor ki, mekaniğin "kuvvet" kavramıyla tanışması, ancak "istencimizin" bacaklarımız üzerindeki eylemini mekanik bir makinenin çekme halatı üzerindeki etkisinden daha iyi anladığımıza kesin gözüyle bakarsak bu tatmini sağlar.

İstenç gücümüzün kaslarımıza olan etkisini, bir halatın bir gemiyi çekmesinden daha fazla veya daha az "anlamadığımız" ortaya çıkana kadar, antik bir öğreti olan organizmik bilimin çağdaş bilime sızması engellenemedi. Newton'ın, Leibniz[9] ile aralarında olan anlaşmazlıkta, bir saatin üzerine düşen ağırlığın etkisi ile insan iradesinin kaslar üzerindeki etkisini nasıl aynı türden iki olay olarak ortaya koyduğunu hatırlayabiliriz. İki olayda da düzenli bir sıra gözlemlenebiliyor, fakat bir "neden sonuç ilişkisi" "anlamak" mümkün olmuyordu. 18. yüzyılın ortalarında David Hume'un[10] büyük başarısı bu noktayı açıklığa kavuşturdu ve mekaniği "organizmik" yasaların artıklarından temizledi:

İstemin vücudun organları üzerindeki etkisi ... diğer tüm doğal olaylar gibi, yalnızca deneyimle bilinebilecek bir olgudur; nedende bulunan ve nedeni sonuca bağlayarak bunların birini diğerinin şaşmaz sonucu haline getiren herhangi bir görünür enerji veya güce bakarak önceden görülemez. Bedenimizin hareketi, istencimizin buyruklarına itaat eder. Bunun her anı bilinçlidir. Fakat ... istencimize sıra dışı işlemler yaptıran araçlara gelince: Bunlarla ilgili doğrudan bilinçli olmaya o kadar uzağızdır ki, en dikkatli araştırmalarımızla bile onları hiçbir zaman bulamayız.

Hume'un kesin olarak ortaya koyduğuna göre, istencimizin vücudumuz üzerindeki etkisi günümüzde "telepati" denilen şey kadar esrarengizdir. Hume'a göre: "Gizli bir emel bize dağları yerinden oynatma ve yörüngelerindeki gezegenleri kontrol etme gücünü vermiştir; bu büyük merci" ruhumuzun bedenimiz üzerinde olan etkisinden "daha olağanüstü ve kavrayışın daha ötesinde olamaz." Hume, mekanik kuvvetin eylemlerini, istenç gücümüzle arasındaki analojiye dayanarak "anlayabileceğimizi" bu sebeplerden reddetti ve şöyle devam etti:

Güç fikrimizin, hayvan hareketi yaptığımızda veya uzuvlarımızı asıl işleri için kullandığımız zaman bizde olan herhangi bir duyarlılık veya bizdeki herhangi bir güce dair bilincimizin taklidi olmadığı sonucuna, umarım ki cesur davranmaktansa güvenle varabiliriz.

Hume'un zihinsel deneyimimiz üzerinde yaptığı çözümlemeyi kabul edersek, organizmik kuramın bilimsel mekanikteki kalıntıları tamamen yok olur; mekanik kuvvet ile irade gücü arasındaki analojiye bağlı kalırsak da, sağladığı tatmin hissinden dolayı değil ama organizmik analojiden elde ettiğimiz başka kazançlardan dolayı bilimdeki rollerini oynamaya devam ederler. Organizmik dünya görüşünün dini, ahlaki ve sosyal geleneklere bakışımıza doğrudan etkisini hatırlıyoruz.

Bugün, hareketin organizmik yasalarına inanmanın hakiki bilime değil, çoğunlukla pratik amaçlara hizmet eden "bilimin metafiziksel bir yorumuna" dayandığını not düşebiliriz. Hatta organizmik mekaniğin doğruluğuna inanmanın bilime getirilen metafiziksel yorumların esas dayanağı olduğu düşüncesi bile dile getirilmiştir. Auguste Comte, *Pozitif Felsefe Dersleri*[11] adlı çalışmasında şöyle yazar: "Bütün teolojik ve metafizik felsefenin ruhu, görüngülerin tamamının, doğrudan bilinç aracılığıyla bilinen tek görüngüye benzetilmesidir – Hayata."

4. Kopernikçi Sistem ve Hareketin "Organizmik" Yasaları

Geometri örneğinde gördüğümüz gibi, gözlemlenen olguları doğrudan betimlemeye çalışmak anlamsızdır; bunun yerine gözlemlenen olguları dolaylı yoldan tarif eden formel bir sistem (belitler sistemi) kurmak tercih edilir. Formel sistem ve onun fiziksel yorumlarından geçen yol, gözlemlenmiş olguların en iyi tasviridir. Her hareketi bir organizmanın hareketiyle karşılaştıran Aristotelesçi hareket kuramından bahsettik. Yer cisimlerinin hareketlerinde temel kavramlar hareketin başlangıcı ve sonuydu; bu ikisi arasında ne olduğuna pek ilgi gösterilmemişti. Vurgu, nesnenin nereye gitmesi gerektiğine yapılmıştı; hareketin amacı hareketin kendisinden daha fazla ilgi çekiyordu. Bu tam olarak organizmik bir görüşten beklenen bir davranıştır. Hareketler kendi içlerinde çok karmaşık, rastlantısal veya tahmin edilemez olduklarından, belli bir yasaya uymadıkları fikri genel olarak hâkimdi. Biyologlar ve fizyologlar canlı varlıkların hareketlerini her zaman bu şekilde tarif etmişlerdir. Bir insan elinin hareketlerini başlangıçtaki ve sondaki konumlarıyla anlatırız ama kas ve kemiklerin tam olarak izledikleri yörüngelere dikkat etmeyiz. Ara evrelerin tümünü belirtmeden, üstü kapalı bir şekilde kasların "kasılma" ve "gevşeme"sinden bahsederiz.

Çağdaş fiziğin bazı kuramları bize bu görüşleri hatırlatırlar. Mesela Bohr'un[12] özgün hidrojen atomu modelinde, elektronun bir çekirdeğin etrafında belirli kararlı yörüngeleri takip ettiği tasavvur edilmişti ve uyarılması durumunda bir yörüngeden diğerine atlıyordu. Kuram sadece kararlı hallerle ilgileniyordu; elektronun atlarken ne yaptığı incelenmiyordu. Dolayısıyla, vurgunun bazı durumlarda hâlâ hareketin nasıl meydana geldiğinde değil, hedefinde veya amacında olduğunu görüyoruz. Antik zamanlarda, her şeyin basit yasalara göre vuku bulması, hiçbir şeyin tesadüf sonucu olmaması gökcisimleri için geçerliydi, yer cisimlerinin hareketleri her zaman rastlantısal bir karaktere sahipti. Yeryüzündeki varlıkların çok kesin olmayan ve pek de güzel olmayan yasalara uydukları fikri evrene yöneltilmiş belli bir tavra işaret eder.

Kopernik'in[13] yazılarını incelediğimizde, onun bile hâlâ organizmik fiziğin fikirlerine derinden bağlı olduğunu görürüz. Kopernik, bir cisim için hareketin mi yoksa durağanlığın mı daha değerli olduğu gibi sorularla meşgul oldu. Güneş gibi bir cisim için sabit olmanın ve evrenin merkezinde ışık yaymanın daha saygın olduğunu düşündü. Kopernik, ortaçağ fiziğinden, geleneksel olarak Galileo ile başladığı söylenen çağdaş fiziğe geçişi temsil eder. Kopernik, Güneş'in sabit ve Evren'in merkezinde olduğu ve Dünya'nın Güneş'in etrafında dairesel bir yörünge izlediği, bir de kendi merkezi çevresinde batıdan doğuya doğru günlük bir dönüş yaptığı hipotezine ulaştığı zaman, genel kabul gören organizmik fizik yasalarıyla alenen çelişen bir hipotezi elde etmiş oldu. Bu yasalara göre Dünya, yeryüzü öğelerinden meydana geliyor ve çok daha asil bir maddeden meydana gelen gökcisimleri için geçerli olmayan hareket yasalarına uyuyordu. Bundan dolayı Dünya'nın Evren'in merkezi etrafında dairesel bir yörüngede dönmesi imkânsızdı. Ağır bir cisim olan Dünya, Evren'in

merkezi civarındaki "doğal yerini" hedefleyen doğrusal bir hareket yapmalıydı. Dünya'nın merkeze sabit uzaklıkta kalabileceği fikri, insanın yeryüzü maddesinden yapılmış "ağır cisimler"in davranışlarıyla ilgili en kesin deneyimleriyle çelişiyordu. Ayrıca, gözlemlenmiş bazı bariz olgular Kopernikçi hipotezle çelişirler: Dünya doğuya doğru dönüyorsa, gökyüzünde süzülen bulutları gözlemlediğimizde batıya doğru ortak bir hızları olmasını bekleyebiliriz; fakat böyle bir batıya yönelme gözlemlenmez. Kopernik buna cevaben, Dünya'nın doğuya doğru dönüşünün bir tür sürtünme aracılığıyla atmosfer ve bulutları beraberinde taşıyor olabileceğini ve bundan dolayı bulutların batıya doğru hareket etmeyeceğini ileri sürdü.

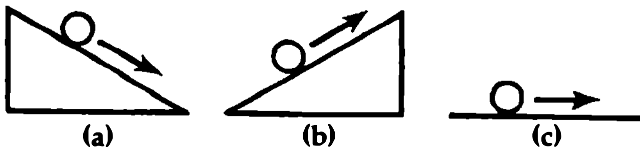
Düşen bir taşı ele alırsak, aynı sebepten onun da ilk bırakıldığı yerin batısında bir noktaya düşüp durması gerekir; fakat düşen bir taş aşağı doğru dikey hareket eder ve batı yönünde herhangi bir sapma göstermez. Kopernik'in bu duruma getirdiği açıklama yine Dünya ile birlikte doğu yönünde taşınan havanın, beraberinde taşı taşıyor olabileceğiydi; ama havanın ağır bir taşı taşıması pek akla yatmadığından başka bir açıklama daha yaptı. Taş gibi bir toprak parçasının "doğal yeri"nin, kendisine göre Güneş olan Evren'in merkezinin yakınında değil, Dünya'nın merkezinin yakınında olduğunu varsaydı. Bundan dolayı, düşen bir taşın doğuya doğru taşınmasının sebebi havanın sürtünmesi değil, doğal yerinin, yani Dünya yüzeyinin "çekici" olmasıydı. Bu varsayımla Kopernik, Newton'ın evrensel çekim hipotezini bir derece öngörmüş oldu.

Güneş merkezli sistemin fizik bilimiyle bağdaşabilmesi için, eski "organizmik" hareket kuramının "yumuşatılması" gerekiyordu. Kopernik'in elinde tutarlı bir hareket kuramı yoktu. Nesnelerin tembelliği hakkındaki ortakgörü deneyimi, önceki formül olan "bir cisim başkası tarafından hareket etti-

rilmediği sürece hareket edemez" ifadesine kıyasla ortakgörü yasalarına çok daha uzak bir şekilde formülleştirilene kadar "organizmik" hareket yasalarının yerine geçebilecek yeni bir kuram ortaya çıkmadı.

Galileo[14] ortakgörü deneyimimizin yeni bir genellemesine ulaştı. Ona göre hareket eden bir cisim kendiliğinden durmazdı, her an itilmeden hareket etmeye devam ederdi; aslında hareket halindeki bir cisim hızında bir azalma olmadan ve bir doğru boyunca hareketine devam ederdi. Galileo bu genellemeye pürüzsüz bir cismin, pürüzsüz bir eğik düzlem üzerindeki hareketini inceleyerek ulaştı (*bkz.* Şekil 33).

(a)'daki top aşağı yuvarlanırsa hızı artar; (b)'deki top yukarı doğru hareket ederse hızı azalır. Bundan dolayı Galileo bir sınır durumunun, yani (c)'nin, olması gerektiğini iddia etti. Düzlem, Dünya yüzeyine paralelse (yerçekimi istikametine dik), itilen bir top dünya yüzeyine paralel sabit bir doğrultuda ve sabit hızla hareket edecektir. Bu, eylemsizlik yasasının özgün ifadesidir. Tam olarak, yatay doğrultuda hareket ettirilen bir nesnenin hızını ve Dünya yüzeyine göre doğrultusunu koruduğunu söyler. Ancak Dünya yüzeyine bir düzlem gözüyle bakılabilirse, izlenen yol da bir doğru olur. Bunun anlamı yasanın belirli sınırlar içinde geçerli olduğudur. Bu yasa, dünya uzayının hareketiyle ilgili bir şey söylemez.



Şekil 33

Burada bu genellemenin gelişim tarihini incelemeyeceğiz. Newton'ın *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*[15] [Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri] adlı kitabında verdiği ey-

lemsizlik yasasının nihai ifadesine geçeceğiz. Newton, başkası tarafından hareket ettirilmeyen bir nesnenin, herhangi bir engelle karşılaşmazsa, sonsuza giden bir doğru boyunca sabit hızla hareket edeceğini varsaydı. Bu bakış açısı, bir taşın "doğal hareketi"nin evrendeki "doğal yeri"ne doğru olduğu Aristotelesçi evren yapısını yerle bir etti. Aristotelesçi evren kapalı bir kristal küreler evreniydi. Newton'a göre Dünya uzayı boş uzaydır ve nesneler onda "başıboş" bir şekilde dolaşırlar; gittikleri yer de kendileri için "uygun olan yer" değildir. Resmedilen, artık ebedi trafik kurallarına göre bir amaca yönelik hareket eden nesneler değildir.

Çağdaş anlayış, ortaçağdaki dünya sisteminin bakış açısına bağlı kalınarak ele alındığında çok büyük engellerle karşılaştı. "İlk hareket ettirici" kavramını bir tarafa bıraktı ve Tanrı'nın varlığının geleneksel ispatlarının dayandığı temelleri yıktı. Yalnızca fizikte değil, teoloji ve etik alanlarındaki dünya resminin de yeniden sıfırdan çizilmesi gerekti. Mesela yeni anlayışa göre gökyüzündeki cisimler Dünya üzerinde görülenlerden farklı değildi. İsa dünyayı kurtarmak için gönderilmişti; fakat bu Dünya gökyüzünde görülen diğer cisimlerden farklı değilse, Tanrı'nın diğer gezegenlere de bir Kurtarıcı göndermesine ne engel vardı? Giordano Bruno,[16] çoklu dünya inancını savunmaktan 17 Şubat 1600'de kazığa bağlanıp yakıldı. Mekanik gibi konuların yorumu bilime belli ilkeler dayatmak isteyen politik güçlerle her zaman bağlantılı olmuştur. Şimdiye kadar bunu Platon ve ortaçağda gözlemledik.

5. Newton'ın Hareket Yasaları

Mekanikle ilgili, geometriden bahsederken yaptığımız gibi, "sırf bilimsel" açıdan bakarak konuşalım. Mekanik ile geometriyi karşılaştırarak ilginç noktalar bulacağız. Mekaniğin

ilkeleri dış dünyayla ilgili midir, yoksa geometrik belitler gibi kendi kendine dış dünyayla ilgilenmeyen biçimsel bir şema mı oluştururlar? Önce Newton'ın yasalarını[17] hatırlayalım: Birinci yasaya (eylemsizlik yasasına) göre dengelenmemiş bir kuvvet uygulanmadığı sürece, bir cisim durmaya, hareket halindeyse de hızı azalmadan bir doğru üzerinde hareket etmeye devam edecektir. İkinci yasa (ivme yasası) bir cisme uygulanan dengelenmemiş kuvvetin, cismin kütlesi ile kuvvetin ürettiği ivmenin çarpımına eşit olacağını ifade eder. Burada ivme, hızdaki herhangi bir değişim anlamına gelir; değişim büyüklükte veya doğrultuda olabilir.

Newton'ın bu iki yasası ne anlama gelir? Newton'ın ifade biçiminin bu yasaların "işlemsel anlam"ını kapsamadığını görmemiz gerekir. Eylemsizlik yasasının işlemsel anlamı nedir? Çoğu ders kitabında bu yasanın, terimlerinin işlemsel tanımları verilmeden anlamsız olacağından bahsedilmiyor olması, fizik öğrencileri arasındaki çoğu yanlış anlaşılmaların sebebidir. Aynı sıkıntı ikinci yasa için de vardır – neye göre "ivme"? Bu ivmenin, "belirli bir cisme göre ivme" olması gerekir ama bu cisimden bahsedilememiştir; yani yasa kendi kendine anlamsızdır. Çoğu ortalama ders kitabında ve mekanik derslerinde, "doğrusal hareket" ve "ivme" karşılaştırılmaları gereken fiziksel bir referans sistemine dair en ufak bir ipucu bile verilmeden kullanılırlar. Başka bir deyişle, Newtoncı yasaların, kendisine dayanarak geçerli olması beklenen fiziksel nesnenin belirtilmesi gerekmektedir. Böylece ve ancak bunun yapılmasıyla, bu önermeler fiziksel olgularla ilgili olurlar.

Kuramın tamamını, Newtoncı yasaların geçerli olduğunu varsaydığımız koordinat sistemlerine göre cisimlerin, belirli kuvvetlerin etkisi altında hangi hareketleri tanımladıkları üzerine şekillendirebilirsiniz. Eldeki koordinat sistemlerine

göre Newtoncı yasalar geçerliyse, bu yasaların tüm mantıksal sonuçları da geçerlidir. Fakat böyle biçimsel bir kuramdan, böyle bir koordinat sisteminin (*S*), deneyimimizdeki hangi nesneye bağlanacağını çıkaramayız. Newtoncı yasaların sonuçlarına, fiziksel bir referans sistemi (*S*) belirtmeden ulaşan çok sayıda kalın kitap vardır.

İnsanlar neden böyle bir şey yapıyorlar? Çok basit bir sebepten; mantıksal sonuçlar çıkarmayı sistemin fiziksel yorumlarından ayrı tutmak daha kullanışlı olduğu için. Burada karşılaştığımız durum, geometridekinin tam olarak aynısıdır. Newtoncı yasalar geometrik belitlerin rolünü oynarlar. "Analitik Dinamik"te türetilen koşul cümleleri şu türdendir: "Newton'ın yasaları bir referans sistemi olan (*S*)'ye göre geçerli ise, sonuçlar da (*S*)'ye göre geçerlidir." Fakat bu yolla gözlemlenebilir olgular âleminde neyin geçerli olduğunu bulamayız. Fiziksel bir yoruma giden ilk adım, "ivme" gibi terimlerin kendisine göre tanımlanacağı fiziksel cismi belirlemektir.

Günlük hayatımızdaki deneyimler, bizi dünyamızın böyle bir cisim, yani (*S*) olduğuna inanmaya itecektir. Bunun genel olarak doğru olmadığı açıktır. Biz, yaptığımız birçok deneyde, bir cismi itersek dünyaya göre bir doğru boyunca hareket edeceğini gözlemlerken, ünlü Foucault sarkacı cismin doğrultusunu Dünya'ya göre ayarlamaya çalışmadığını gösterir. Dünya'nın dönmesine bağlı olarak başlangıç doğrultusundan sapma vardır. Sabit yıldızlar sistemi, Newtoncı yasaların geçerli olduğu (*S*) sistemi olmak için aşağı yukarı iyi bir seçenektir. Dünya'nın döndüğünü ifade eden önermenin anlamının tamamı budur; Dünya, içinde Newtoncı yasaların geçerli olduğu (*S*) sistemine göre dönmektedir ve sabit yıldızlar sistemi (*S*)'ye göre dönmemektedir. Sabit yıldızlar sisteminde düzensizlik olsaydı ne olurdu, diye sorabiliriz. Sabit yıldızları (*S*) sistemi olarak kullanarak, onların değişmez

bir sistem oluşturduklarını iddia etmiş oluruz; fakat aslında takımyıldızlar zamanla bozulurlar. Takımyıldızların dağılması durumunda, bir taş eylemsizlik yasasına göre izlemesi gereken doğruyu bilemeyecek gibi görünür. Uygulamaya gelince sabit yıldızlar sisteminin Newton yasalarının dayandığı (*S*) sistemi olduğunu söyleyebiliriz; fakat Newton'ın yaptığı gibi, eylemsizlik yasasının en evrensel doğa yasalarından biri olduğuna inanırsak, bu yasa sabit yıldızlar gibi tek bir kütle grubuna dayanıyor olamaz. Kesin olarak söyleyebileceğimiz tek şey (*S*) gibi sistemlerin, geometride geometri yasalarının geçerli olduğu katı cisimlerin var olduğunu söylediğimiz şekilde var olduklarıdır.

Kendisine dayanarak Newtoncı yasaların geçerli olduğu bir (*S*) sistemine "eylemsiz sistem" denir. Böyle bir sisteme ilk benzetilen Dünya, ikinci benzetilen de sabit yıldızlar sistemidir. Newtoncı yasaların tam olarak doğru olduklarını söyleyerek, yalnızca eylemsiz bir sistem olduğuna inandığımızı söylemiş oluruz. Nihayetinde Newtoncı kuramın kabul edilmesi, Newtoncı yasaların fiziksel bir yorumunun olduğuna inanmayı ima eder; halbuki sistemin kendisi saf mantıksal bir yapıdır. Uzlaşımcılık öğretisi denilen bu bakış açısını ileri süren Henri Poincaré'dir.[18] Poincaré, mekanik yasalarının sözel uzlaşımlar olduklarını iddia eder. Newton'ın ilk yasası der ki: Üzerine dengelenmemiş bir güç uygulanmayan cisim doğrusal bir hareket gerçekleştirir; peki ama cisim üzerine dengelenmemiş bir kuvvetin etki etmediğini nasıl bilebiliriz? Bir doğru boyunca hareket ettiğini gözlemleyerek bundan emin olabiliriz. Böylelikle Newton'ın ilk yasası, "dengelenmemiş kuvvet" ve "doğrusal hareket" gibi ifadelerin nasıl kullanılacağıyla ilgili bir uzlaşım haline gelir. Bu ve benzeri uzlaşımlar, gözlemler veya mantıksal sonuçlarca dayatılmazlar. Bu anlamda bunlar, "gelişigüzel" uzlaşımlardır.

Bu gelişigüzel uzlaşımlar, aynı zamanda kullanışlı olmalıdırlar; formülleştirilmek istenen hareket görüngülerinin iyi bir tarifini elde edebilmek için ortaya atılmışlardır. Newtoncı sistemin saf biçimsel bir sistem olduğu doğrudur ama bu aynı zamanda uygulanabilen bir sistemdir. Çağdaş bilim gözlemlenen olguları doğrudan tarif etmek yerine biçimsel sistemler kullanır; antik bilim de bu şekilde ilerliyordu ama bu durum o kadar da bariz değildi. Gözlemlenebilir olguları doğrudan tarif etmeye çalışsaydık, günlük dilin kelime ve ifadelerini kullanmak zorunda kalırdık. Böyle bir betimlemenin kesin bir anlamı olmazdı ve titiz mantıksal sonuçlar çıkarmak kesinliği iyileştiremezdi. Titiz mantıksal çıkarımların ve kesin sonuçların peşindeysek, biçimsel yapılarda olduğu gibi fiziksel anlamı olmayan kelimeler, semboller kullanmalıyız. Böylece saf matematiksel geometride olduğu gibi kesin sonuçlar elde edebiliriz (3. Bölüm); ama bu sonuçlar, "işlemsel tanımlar"la bir araya gelmeden fiziksel dünyayla ilgili hiçbir şey söylemezler. Önermeler fiziksel dünyada anlam kazanmış olurlar ama kazandıkları anlamlar yine muğlak olur. Çağdaş bilimin usulü, mantıksal çıkarımları biçimsel bir sistemle (belitler ve teoremlerle) sınırlayarak ve bu biçimsel sisteme işlemsel tanımları uygulayıp duyu gözleminin nesnesini üreterek, katı mantıksal çıkarım yöntemi ile duyu gözlemleri yöntemini bir araya getirir.

Biçimsel sistemlerin fiziksel yasalarla ilişkisini doğru tarif eden ilk mantıkçılardan biri Ludwig Wittgenstein'dır.[19] "Dünya" ve Newton'ın yasaları hakkında, "Newtoncı mekanik ile tarif edilebiliyor olması, dünyayla ilgili hiçbir şey söylemez," diye yazmıştır. Wittgenstein, Newton'ın yasalarının biçimsel bir sistem olduklarını ve işlemsel tanımlar olmadan fiziksel dünyanın tasviri olarak dikkate alınamayacaklarını belirtmek istedi. Şöyle devam etti:

> Ancak *bu* bir şeyi ortaya koyar – eldeki durumdan görüldüğü gibi, Dünya'nın tarif edildiği hususi şekilde tarif edilebileceğini gösterir. Bundan başka, Dünya'nın bir mekanik sistemiyle diğer mekanik sistemlerinden daha sade bir şekilde tarif edilebiliyor olduğu gerçeğini de ortaya koyar.

Wittgenstein burada Newton'ın yasalarının dünyanın bir tasviri olmadıklarını, ama doğru kullanılırsa böyle bir tasviri üretebilecek bir mekanizma olduklarını söylüyor; bu durumda mekanizmanın nasıl kullanılacağına dair herhangi bir talimat verilmediği sürece mekanik yasaları hiçbir işe yaramazlar. Bu talimatların bir kısmı yasalarda geçen terimlerin işlemsel tanımlarından ibarettir. Eğer dünyadaki tüm olayların mekanikten türetilebileceğine inanırsak, bu mekanizmanın doğru biçimde kullanıldığında, dünyaya dair bütün doğru önermeleri üretmesi gerekir. Wittgenstein şöyle der: "Mekanik, dünyayı betimlemek için ihtiyaç duyduğumuz tüm *doğru* önermeleri basit bir plana göre inşa etme girişimidir."

6. "Kuvvet"in İşlemsel Tanımı

Çağdaş mekaniğin esaslarından biri olan eylemsizlik yasasını, biçimsel sistemin bir beliti olarak düşünürsek, yasa çok basit bir hal alır. Şöyle şunu söyler: Hiçbir kuvvetin etki etmediği bir cisim sabit hızlı doğrusal hareket yapar. Fakat bu önerme bize gerçek bir cismin gerçek dünyadaki yerini anlamak konusunda hiçbir yardımda bulunmaz. Belirli bir hareketin bu özelliklere sahip olup olmadığını nasıl bilebileceğimizi söylemez. "Doğrusal hareket", "sabit hız" ve "hiçbir kuvvetin etki etmemesi"nin işlemsel tanımlarını vermeye çalışırken zorluklarla karşılaşırız. Böyle bir tanımı verebilmek için somut bir katı cisim olan (S)'yi seçebilir ve şöyle bir şartı koşabiliriz: "Düzgün doğrusal hareket" ile kastettiğimiz "(S)'ye göre doğrusal ve düzgün hareket"tir ve (S) 5. Kısım'da tanımlanan

bağlamda "eylemsiz bir sistem"dir. Eylemsizlik yasası hangi cismin eylemsiz bir sistem olduğunu söylemez; yalnızca böyle bir sistem olduğunu söyler. Teorik mekaniğin var olduğunu iddia ettiği cismi bulmak fizik ile astronominin görevidir.

Newton'ın ikinci yasası, bir kuvvetin uygulanması durumunda doğrusal hareketten ne gibi ayrılıklar olacağını anlatır. Bu ayrılığı, hız ve doğrultudaki değişimce belirlenen ve *a* ile gösterilen "ivme" vektörüyle ölçebiliriz. Kuvvet vektörünü *f* ile gösterirsek, Newton'ın ikinci yasasına göre ivme, hareket eden cisme başka cisimlerin uyguladığı kuvvet ile orantılıdır. Günlük hayattaki deneyimlerden açıkça gördüğümüz kadarıyla, dışarıdan gelen eşit itmelerle "büyük ve ağır" cisimler, "küçük ve hafif" cisimlerden daha az ivmelenirler. Kuvvet ile ivme arasındaki orantılılık, Newton'ın cismin kapsadığı "maddenin niceliği" dediği bir etmeni içermelidir. Bu niceliğe cismin "kütlesi" denir. Newton'ın anlayışına göre, bu niceliğin değişmesi ancak bir miktar nicelik eklenmesi veya çıkarılmasıyla olur; bunun uygulamadaki anlamı bir cismi parçalara ayırmak veya küçük cisimleri daha büyük bir cisim oluşturmak için birleştirmektir. Newton ikinci yasasını mümkün olan en basit varsayımla formülleştirdi: Kütle çarpı ivme eşittir kuvvet. Bu yasanın matematiksel bir formülle ifade edilmiş hali: $m \times a = f$'dir; burada *m* cismin kütlesini simgeler; *a* ise cisim üzerindeki net veya dengelenmemiş kuvvet olan *f*'nin sebep olduğu ivmedir. Eğer kendimizi doğrusal hareketle sınırlamazsak, *a* ivmesi ve *f* kuvveti belirli bir büyüklüğü ve belirli bir doğrultusu olan "vektörler" olurlar. Bir cisim üzerindeki net kuvveti ve cismin kütlesini biliyorsak, bu yasayı cismin ivmesini hesaplamak için kullanabiliriz ve $a = f / m$'yi buluruz. Ve eğer ivmeyi bilirsek, cismin geçen süre içindeki hareketini hesaplayabiliriz (çünkü ivme cismin yer değiştirme zamanına göre ikinci türevdir.)

Bazıları, Poincaré'nin yaptığı gibi, $m \times a = f$'nin sırf uzlaşım olduğunu ve "kuvvet"in $m \times a$'ya verilmiş bir isim olduğunu söylerler. "Kuvvet"in bağımsız bir tanımı verilmediği sürece bu yasanın sırf uzlaşım olduğu kesindir; sadece "kuvvet"in bir tanımıdır. Bu yasanın bizim fiziksel dünyamızla ilgili ne söylediğini bulabilmek için yasanın uygulamaya nasıl geçirildiğini incelememiz gerekir. Mesela bir cisim uzayın küçük bir bölgesinde hareket ediyor olabilir. Basit bir varsayım yaparak f sabit tutulursa buna bağlı olarak cismin ivmesi de g diye bir sabit olur. Buradan basit bir matematiksel akıl yürütmeyle s = $\frac{1}{2}gt^2$ ifadesinin cismin t süresinde geçtiği uzayı verdiğini buluruz. Yani cismin belirli bir sürede kat edeceği uzayı öngörebilir veya hesaplayabiliriz. $s = \frac{1}{2}gt^2$ formülü, deney ve gözlemle denetlenip doğrulanabilir. Bu gözlemle, f'in sabit olması gibi basit bir varsayımın, bir cismin uzayın küçük bir bölgesinde yerçekiminin etkisi altında yaptığı hareketin hesabını verdiği doğrulanmıştır.

Gezegenlerin Güneş etrafındaki hareketleri gibi, uzayın geniş bir bölgesinde yerçekiminin etkisi altında olan hareketi incelersek, f'in sabit olmadığını ve Newtoncı yerçekimi yasasıyla verildiğini varsaymamız gerekir. Buna göre bir cisme başka bir cismin uyguladığı çekim kuvveti olan f, $\frac{1}{r^2}$ ile orantılıdır; buradaki r iki cisim arasındaki mesafedir. f vektörü iki cismi birleştiren doğrunun istikametindedir. Bundan, bir cismin diğeri etrafında eliptik bir yörünge izlediği matematiksel olarak çıkarılabilir. Gözlemler bu durumu doğrulamışlardır. Sonuç olarak, f kuvveti için bir cismin diğer cisimlerden uzaklığı olan r'ye dayanan basit bir formülümüz varsa (en basit durumda f sabittir), $m \times a = f$ yasasını ivmeyi ve dolayısıyla cismin hareketini hesaplamakta kullanabiliriz. Böyle basit bir formülümüz olmadan, $m \times a = f$ anlamsız ve f de sadece $m \times a$'nın adı olur. Newtoncı mekaniğin olgusal içeriği $m \times a$

= f formülü değildir; formülde f'nin yerine geçip cisimlerin ivmelerini diğer cisimlere uzaklıkları çerçevesinde basit bir ifade olarak verecek belirli ifadelerin var olmasıdır. Bu ivme, "eylemsiz sistem" diye adlandırdığımız, eylemsizlik yasasının geçerli olduğu bir sisteme göre ivmedir. Bir cismin eylemsiz bir sisteme göre ivmesi, bu cismin diğer cisimlere uzaklığına dayanan sade bir formülle verilmiştir; işte bu Newton'ın asıl keşfidir.

Antik fizikte, bir yeryüzü cisminin hareketinin, cismin nereye gittiğinin bilinmesiyle tarif edilebileceğine inanılıyordu. Gökyüzü cisimlerinin hareketi kusursuz çemberlerle tasvir edilmişti. Kimse cismin hareketinin cismin ivmesiyle tarif edilebileceği düşüncesini aklına getirmemişti. Kepler, gezegen yörüngelerinin çember değil, elips olduklarını buldu. Elipslerin çemberler kadar mükemmel olmadıkları ama yine de mükemmele çok yakın oldukları düşünüldü. Daha sonra ise, gezegen yörüngelerinin diğer gezegenlerin etkileşimlerinden dolayı elips bile olmadıkları keşfedildi – öyle olması ancak Güneş ve tek bir gezegen var olsaydı mümkündü. Yörüngeler bozuk elipslerdi; basit bir eşitlikle ifade edilemeyecek kadar karmaşık eğrilerdi. Tamamen farklı bir tarifle çalışmak Newton'ın fikriydi; ona göre önemli olan eğri değil ivmeydi. İvme sade bir formülle verilmişti; $\frac{1}{r^2}$ ile orantılıydı. Eğrinin kendisini tarif etmeye kalkışmak çok karmaşık bir işti. Hareketin tarifine düzen vermek istiyorsak, tarifi ivme üzerinden yapacaktık ve bu herhangi bir ivme değil, eylemsiz sisteme göre olan ivmeydi.

"Kuvvet"i tüm hareketler için formülleştirmeye çalışırsak, tanımında bir belirsizlik olduğunu görürüz. Gezegenler sisteminin hareketine bakarsak, bir cismin eylemsiz sisteme göre olan ivmesinin, her biri iki cisim arasındaki mesafenin karesiyle ters orantılı olan terimlerin toplamıyla orantılı olduğunu

söyleyebiliriz. Bu şekilde tanımlanan mesafelerin fonksiyonu *B* cismine etki eden "kuvvet" tir. Fakat eğer sadece gezegenler sistemi içindeki çekim kuvvetlerini değil, mümkün olan tüm kuvvetleri ele alırsak, yalnızca şöyle bir genelleme oluşturabiliriz: *B* cisminin, (*S*) eylemsiz sistemine göre ivmesi, tüm durumlarda *B*'nin diğer cisimlere olan mesafesi ve onlara göre hızının basit bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Bu "basit fonksiyon"a, *B*'ye etki eden "kuvvet" denir ve $m \times a = f$ formülünde f'in yerine geçmesi gerekir.

Kuvvetin bu tanımında bir "insan öğesi" olduğu kesindir. "Basit formül" denilen ölçüt, tarihin belli bir dönemindeki belli bir sosyal grubun psikolojik durumuna dayanır; fakat verilen bir durum karşısında, uygulama düzeyinde eldeki belirli bir formülün "basit" olup olmadığına dair çoğunlukla yaygın bir fikir birliği olacaktır. Böyle basit bir formül bulunamazsa, "kuvvet" tanımlanamaz. Newtoncı kuvvet, yasanın her özel durum için, dönemin bilim insanlarının basit diye tanıyacağı bir formül olacağını ileri sürer; ya da gelecekte entelektüel kapasiteler o kadar gelişmiş olacaklar ki bilim insanları "basit" diye tanıyacakları bir formül bulacaklardır diye umut eder. Yukarıdaki değerlendirmelerden açıkça görüldüğü üzere, Newtoncı yasaların "olgusal" anlamı her zaman insanın psikolojik ve sosyolojik evrimiyle yakından ilgili olmuştur. Bu yasaların sadeliğine inanıyor olmamızın sebebi, onları sadece içinde birer tanımdan ibaret oldukları biçimsel bir sistemin parçaları olarak düşünüp "olgusal" anlamlarına önem vermememizdir.

7. "Kütle"nin İşlemsel Tanımı

Önceki kısımda verilen "kuvvet" tanımı yalnızca bir tane hareket eden *B* cisminin dikkate alındığını varsaydı. Dolayısıyla, "kütle"nin sadece bir tane değeri konuya dahil oldu ve

kütlenin harekete etkisi kendini göstermedi. "Kütle"nin bir "işlemsel tanımı"nı arayacak olursak, bunu farklı kütlelere sahip farklı cisimlerin, bir ve aynı kuvvetin etkisi altında hareket ettikleri deneylere dayandırmamız gerekir.

Newton'ın kütleyi, belirli bir cismin içerdiği "maddenin niceliği" olarak tanımladığını hatırlayalım. Yalnızca "ortakgörü" dilini ve deneyimini kullanırsak, bir cismin belirli bir hacminde belirli bir "madde niceliği" olduğunu bildiren önermenin anlamını aşağı yukarı kavradığımıza inanırız. "Madde"de çok büyük sayıda birbirine eşit küçük parçacık (bunlara önceden "atom" deniliyordu) bulunduğunu varsayarsak, bu kavram oldukça açık görünür; bu durumda belirli bir hacimdeki "maddenin niceliği" deyince sadece bu eşit parçacıkların sayısını kastetmiş oluruz. "Kütle"yi "atom" sayısı olarak ele alan bu anlayış Yunan atomcuları ve Epikürcülerinde de görülür. Romalı Epikürcü Lucretius[20] *De rerum natura* [Şeyleri Doğası Üzerine] adlı şiirinde şöyle demiştir:

> Neden bir şeyin büyüklük olarak geçmese de, ağırlık olarak başka bir şeyi geçtiğini görürüz? Bir odun yığını ile kurşun parçasının büyüklükleri aynıysa, ağırlıklarının da aynı olması bize doğal gelir; çünkü vücudun özelliği bütün şeyleri aşağı çekmektir; buna karşılık, boşluğun doğası ağırlıksızdır. Bu durumda, bir şey bir diğeriyle aynı büyüklükte ama ondan daha hafifse, bu kesinlikle o şeyin içinde daha fazla boşluk olduğu anlamına gelir; diğer taraftan, daha ağır olan da içinde daha fazla vücut ve daha az boşluk barındırdığını kanıtlamış olur.

"Kütle"yi "maddenin niceliği" olarak tanımlamak, hareket halindeki belirli bir cismin ne kadar "hareket niceliği" içerdiğini ölçmekte kullanabileceğimiz işlemleri tabii ki tarif etmez. Newton'ın tanımı bir "işlemsel tanım" değildir ama ortakgörü kavramlarına gönderme yapar. Diğer taraftan, Newton'ın yasalarının uygulamalı mekanikte çok kullanışlı oldukları

kanıtlanmıştır. Fiziksel bir yasa deneyimle sınanacaksa, tüm terimlerinin yerlerini işlemsel tanımlar almalıdır. Dolayısıyla, Newton ve onun yasalarını uygulayan diğer herkes, "kütle"-nin, bu yasaların nasıl uygulandıklarını inceleyerek keşfedile-bilecek olan, işlemsel bir tanımını kullanmışlardır.

Önceki kısımda üzerinde durduğumuz "kuvvet" tanımına göre, *B* cismine etki eden kuvvete, *B* cisminin çevresel koşullarına göre değişen f değerini atfeden "basit bir formül" vardır. Newton'ın ikinci yasasını $a = \frac{f}{m}$ diye yazabiliriz. Bu durumda, kütleleri m_1 ve m_2 olan iki farklı cisim aynı çevresel koşullar altında farklı ivmeler geliştirirler. "Basit formül" aynı koşullar altında kuvvetlere aynı f değerini verir. Başka bir ifadeyle, m_1 ve m_2 kütleli iki farklı cisme atılan aynı "tekme" bunlara a_1 ve a_2 diye farklı ivmeler verir. Bu "tekme" ne kadar şiddetli olursa olsun veya f kuvvetinin değeri ne olursa olsun $f = m_1a_1 = m_2a_2$ olduğunu kolaylıkla görebiliriz. İvmelerin birbirlerine oranlarını ifade edersek, bunun f'den bağımsız olduğunu görürüz. Belirli iki cismin ivmelerinin oranı her zaman aynı olacaktır; çevresel bir koşul olan f'ye değil, yalnızca cisimlerin kendilerine bağlıdır: $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$. Bu eşitlik, rasgele bir kütle birimi seçilirse (mesela bir santimetreküp suya $m = 1$ değeri verilirse), "kütle"nin özgün bir tanımı haline gelir. Buna göre, $m \times a$ sadece çevresel koşullara göre değişir; cismin kendisinden bağımsızdır. Bu bölümün 6. kısmına göre, çevresel koşulların "basit bir formülü" olarak da ifade edilebilir. Newtoncı mekaniğin temel iddiası budur.

Saf matematiksel açıdan, $m \times a$ matematiksel bir formüldür; f'nin tanımıdır. a'yı hızın artışıyla ifade eden formülleri eklersek, çok sayıda matematiksel sonuç elde edebiliriz; fakat bunu gözlemlenebilir olaylara uygulayabilmek için terimlerin işlemsel tanımlarını vermemiz gerekir. "Kütle"nin işlemsel tanımını ivmelerin oranında bulduk. m'nin bu şekilde ta-

nımlanması durumunda, "kuvvet"in işlemsel bir tanımı $f = m \times a$ eşitliğiyle verilebilir. Bu özgün bir tanımdır, çünkü $m \times a$ yalnızca bir cismin çevresel koşullarına göre değişir; yani m kütlesinden bağımsızdır. Öyleyse, $m \times a = f$ kesinlikle yalnızca "kuvvet"in bir "tanım"ıdır ve deneyimle sınanabilecek fiziksel bir yasa değildir. Oysaki f'in yerine 6. Kısım'da bahsedilen basit yasayı koyarsak, a'nın eylemsiz bir sisteme göre ivme anlamına geldiği $m \times a = f$ ilişkisi, artık sadece kuvvetin bir tanımı değil, fiziksel olgulara dair bir yasa olur.

Mekaniğin, matematiksel ve fiziksel geometriye karşılık gelen iki özelliği ayırt edilebilir (1. Bölüm). Newton'ın $m \times a = f$ yasasındaki a ile herhangi bir (S) sistemine göre ivmeyi kastediyor olabiliriz. Bu durumda, konumlar ve hızlar (S)'ye göre verilirse, aynı (S) sistemine göre hareketi, Newton'ın yasalarıyla hesaplayabiliriz. Eğer, mesela ortada bir kuvvet yoksa ($f = 0$), elimizdeki m kütlesinin (S)'ye göre bir doğru üzerinde ve sabit hızla hareket ettiği sonucuna varabiliriz. Bu önerme, matematiksel geometrinin teoremlerinin koşullu olmasıyla aynı şekilde koşulludur. Şöyle der: Eğer Newton'ın $m \times a = f$ yasası (S)'ye göre geçerli ve $f = 0$ ise, (S)'ye göre hareket doğrusaldır. Dünyada her ne olursa olsun bu önerme doğrudur; çünkü tamamen mantıksaldır. Kendisine göre Newtoncı yasaların geçerli olduğu bir (S) sistemi olmasa ve f kuvvetinin ortadan kalktığı hiçbir durum olmasa dahi, önermemiz doğru olacaktır.

İkinci özellik, birer "eylemsiz sistem" olan özel (S) fiziksel sistemlerini ve kuvvetlerin ortadan kalktığı özel koşulları değerlendirir. Bu koşulların fiziksel olgular bağlamındaki tarifleri, Newtoncı yasalara "işlemsel bir anlam" kazandırır. Gerçek gözlemler yapılarak, Newton'ın yasaları ve bunların işlemsel tanımlarından elde edilen sonuçların deneyimle hemfikir olup olmadıklarına bakılabilir. Fiziksel ölçümlerle, somut bir (S) fiziksel sistemine göre olan hareketin doğrusal ve düzgün olup olmadığını denetleyebiliriz. Eğer dünyada

eylemsiz bir sistem olan bir (S) fiziksel sistemi varsa, Newton'ın yasaları fiziksel dünyaya uygulanabilirler. "Newton'ın yasaları doğrudur" demek, onların uygulanabilir oldukları anlamına gelir; tıpkı fiziksel dünyaya uygulanabilir olmak anlamında "geometri yasaları doğrudur" demek gibi.

Newtoncı mekanik sisteminin bütünü, deneysel olan, iki cisimde aynı kuvvet tarafından üretilen ivmelerin oranının bu cisimlerin çevresel koşullarından bağımsız olması olgusuna dayanır; bu oran özellikle de cisimlerin hızına bağlı değildir. Buna göre bir cismin "kütle"sini $\frac{a_2}{a_1}$ oranıyla tanımlarsak, kütlenin sabit olacağına emin olabiliriz. Newton'ın tanımına bakınca, bir cismin "kütle"sinin sabit olmasının kendinde-apaçık olduğu ve cismin hızına dayanıyor olamayacağı görülüyordu; "maddenin niceliği" ifadesinin yarattığı ortakgörü imgesi bunu açıkça destekliyordu. Bir miktar et veya kumaş satın aldığımızda, buradaki "nicelik"in ette veya kumaşta içsel olan bir şey olduğu ve bunların hızlarına bağlı olamayacağı bize açık görünür. Aslına bakarsanız böyle bir "sabit kütle"nin mekaniğe dahil olabilmesinin tek yolu, $\frac{a_2}{a_1}$ oranının, deneyimimize göre, bahsi geçen cisimlerin hızlarından bağımsız olmasıdır. Gerçek deneyimimizin nesneleri düşük hızlı cisimlerdir; bunun anlamı bu hızların ışık hızıyla karşılaştırıldıklarında küçük olduklarıdır. Bu sıradan deneyim, $\frac{a_2}{a_1}$ oranının gerçekten cisimlerin hızlarından bağımsız olduğunu gösterir.

20. yüzyıl öncesinde fizikçiler $\frac{a_2}{a_1}$ oranının, cisimlerin hızı ne olursa olsun, gerçekten sabit olduğunu varsaydılar. Bu durum ancak "küçük hızlar için doğru olan büyük hızlar için de doğrudur" varsayımında bulunursak mümkündür. 19. yüzyılda, Newtoncı mekaniğe inanç o kadar güçlüydü ki, "kütle"nin sabitliğinin evrensel bir doğa yasası olduğundan kimse

şüphe dahi etmiyordu. İnsanlar bu inancın temelinin ya "kütle"yi "maddenin niceliği" ile özdeşleştirmek ya da aynı kuvvetin yarattığı ivmelerin oranının küçük hızlarda cisimlerin hızlarına bağlı olmadığını deneyimlemek olduğunun farkında değillerdi. 1883 yılında, Avusturyalı fizikçi ve filozof Ernst Mach, birçok anlamda hareket yasalarını anlamamızın temeli haline gelen *Mechanics and Its Evolution* [Mekanik ve Evrimi] diye bir kitap[21] yayınladı. Mach, Newtoncı mekaniğin eleştirel bir çözümlemesini yaptı ve bilim insanlarının dikkatini $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$ işlemsel tanımı kullanıldığında "kütlenin sabitliği"nin deneysel bir olgu olduğuna ve hiçbir şekilde "anlaşılır ilkelerden" türetilebilecek bir "felsefi doğru" olmadığına çekti. Deneylerin, çevresel koşulların sebep olduğu bir kütle değişimi gösterme ihtimali vardı. Gerçekte de, 19. yüzyılın sonlarına doğru Sir J. J. Thomson,[22] Maxwell'in elektromanyetik alan kuramından kütle noktalarının elektrik yüklü parçacıklar gibi davrandığını çıkardı.

20. yüzyılda, siklotronda bulunanlar gibi elektrik yüklü hızlı parçacıkların hareketi sistemli bir şekilde incelendi. Elektrostatik kuvvetler gerçek hızın doğrultusunda etki ediyorlarsa, yüksek hızlı parçacıklar (ışık hızı ile karşılaştırılabilecek hızlarda olanlar) aynı elektrostatik alandaki yavaş parçacıkların ivmelerinden fark edilebilir derecede küçük ivmeler edinirler. Bunun anlamı $\frac{f}{a}$ ile bir cisme hızı ne olursa olsun atfedilebilecek sabit bir m kütlesi tanımlayamayacağımızdır. m'nin sabit olduğu $ma = f$ eşitliğinin yüksek hızlı parçacıkların gerçek hareketini tanımlayabilecek fiziksel bir yorumu yoktur. Bu parçacıkların hareketlerine uygulanan "belitler" veya "formel sistem"deki değişikliklerden 5. Bölüm'de (Görelilik'te) daha açık ve ayrıntılı olarak bahsedilecektir.

Bu değişiklikler, bu bölümde bilimin genel mantıksal yapısını örneklendirmekte bize çok yardımcı olurlar. Yüksek hızlı parçacıklara dair yeni gözlemler yapılmamış olsaydı, Newton'ın yasalarının "evrensel geçerlilik"te olduğunu söyleyebilirdik. Bu durumda, formel bir sistem olarak Newton'ın eşitlikleri (*m*'nin bir sabit olduğu $ma = f$) evrende meydana gelmiş ve gelecek olan tüm hareketlere uygulanabilirdi. Bu yasaların "evrensel geçerlilik"ine olan inançtan dolayı, "tüm Evren'deki hareketin gerçek yasaları" oldukları gibi düşünceler ileri sürülmüştür. Şu anda bu "formel sistem"in yalnızca düşük hızlı parçacıkların uygun bir tarifi olduğunu biliyoruz. Fakat bugün bile Newton'ın "formel sistem"inden ayrıntılı bir hareket teorisi inşa etmeye itiraz eden yoktur. Bu şekilde bir "Analitik Dinamik" sistemi elde edilir ve bu sistemin içerdiği önermelerden bazıları şöyledir: Eğer kütlelerin, bir (*S*) eylemsiz sistemine göre hareketlerinin başlangıç durumunu bilirsek ve Newton'ın yasaları (*S*)'ye göre olan tüm hızlar için geçerliyse, Newton'ın yasalarına dayanan "formel sistemi" kullanarak herhangi bir *t* zamanında (*S*)'ye göre hareketin durumunu hesaplayabiliriz. Bu eğer-önermesi veya koşullu önerme, Newton'ın yasalarının yüksek hızlı parçacıklara uygulanamayacağını öğrenmemizden sonra dahi geçerli olmaya devam eder. Oysaki fiziksel yorum meselesini inceleyecek olursak, bu eğer-önermesinin ancak parçacıkların hızının ışık hızıyla karşılaştırılınca küçük kaldıklarını varsaydığımızda geçerli bir fiziksel yoruma sahip olabileceğini görürüz. Bu durum bütün hareketlerde böyle ise, Newton'ın yasalarını uygulayabiliriz; yine de en yüksek hız için bile "eğer-önermesi geçerli olur"; çünkü saf matematiksel veya mantıksal bir önermedir.

8. Newton Mekaniğindeki Organizmik Fizik Kalıntıları

Aristoteles fiziğindeki dünya, insanların yaşamları ve ölümlerine göre yapılmış bir tasarıma uygun inşa edilmiş, çok kat-

lı, büyük bir evdi. Hareket yasaları, cisimlerin ve ruhların bu koca yapının bir odasından diğerine geçmelerinin kurallarıydı. Hayatta olan bir insanın ağır olduğu düşünülüyordu ve bedeninin ruhundan ayrılması durumundaki "doğal hareketi" dünyanın merkezine doğru düşmekti; ruh ise Dante'nin *Cennet*'inde[23] tarif edildiği gibi yukarı, gök kürelerine doğru hareket ediyordu. Aristoteles *Fizik*'te şöyle yazmıştır: "Bir kabın nakledilebilen bir yer olması gibi, yer de nakledilemeyen bir kaptır." Kopernik'in ve daha sonra Galileo'nun teorilerinde bu ev görkemli sadeliğini kaybetti; astronomiyle derinden ilgilenen herkesin aklında bir tatminsizlik yer etti. Burada, geleneksel Aristotelesçilikle hiç ilgisi olmayıp aksine ciddi bir Aristoteles karşıtı olan Francis Bacon'ın sözlerine başvurabiliriz. Bacon, 1605'te şöyle yazdı:[24] "Şu anda içinde bulunduğu durumda, astronomi, kendisi için adil olan fiziğin en asil parçalarından biri sayılmakken, matematiksel bilimlerin arasına dahil edildiğinden itibarını kaybetmektedir."

Newton uzaydaki bir cismin hareketiyle ilgilenen bir yasayı, yani eylemsizlik yasasını hareketin temel yasayı olarak ileri sürdüğü zaman, insan anlığını doyurabildiği düşünülen organizmik fizik çok daha sert bir darbe aldı. Bu yasa bir cismin boşlukta nasıl hareket edeceğini tarif ediyordu; oysaki Aristoteles[25] şöyle yazmıştı:

> Boşluk *varsa* hiçbir şey hareket ettirilemez, ... boşluğun içinde şeylerin hareketsiz olmaları gerekir; çünkü şeylerin biri yerine diğerine gidebilecekleri bir yer yoktur; boşluk, boşluk oldukça herhangi bir farklılığı barındırmaz. ... Bütün hareketler, ya mecburidir ya da doğayla uyumlu haldedir ... peki ama boşluk veya sonsuzluk boyunca hiçbir farklılık yoksa, doğal hareket nasıl olabilir? Ya hiçbir şeyin doğal devinimi yoktur, ya da boşluk diye bir şey yoktur.

Aristoteles, benzer bir şekilde zorunlu bir hareketin de boşlukta meydana gelemeyeceğini iddia eder ve şöyle devam eder:

> Ayrıca, hiç kimse bir şey bir kere harekete geçirildi mi neden herhangi bir yerde durması gerekeceğini söyleyemez; neden *burada* durmak yerine şurada dursun ki? Bir şey ya hareketsiz olmalıdır ya da karşısına daha güçlü bir şey çıkana kadar *ad infinitum* hareket ettirilmelidir.

19. veya 20. yüzyıldaki bir bilim insanı bu satırlara bakarak Aristoteles'in eylemsizlik yasasına çok yaklaştığını düşünebilir ama bu Aristoteles'i, çağdaş fizik çalışmakla şekillenmiş bir zihinle okumaktır. Bu Antik Yunan düşünürü, bir cismin kendi hızıyla düzenli olarak sonsuzluğa hareket edebileceği fikrini o kadar absürt buldu ki şu sonuca vardı: "Bu düşüncelerden açıkça anlaşıldığı gibi ayrı bir boşluk yoktur."

Aristotelesçi anlayışın aksine, Newton'ın *Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri* adlı kitabında "boşluk" temel kavramdı. Hareket halindeki bir cisim, hızını "boşluk"a göre korur. Newton bu yasanın herhangi bir fiziksel cismi referans olarak almadığını, yalnızca Aristoteles'in "ayrı boşluk" diyeceği şeyle aynı olan "mutlak uzay"a gönderme yaptığını vurgulamıştır. Newton'ın yasalarının yalnızca referans sistemi veya eylemsiz sistem belirtildiğinde işlemsel tanımlara sahip olabildiklerini 6. ve 7. Kısımlarda anlattık. Uygulamaya gelince, eylemsiz sistemin sabit yıldızlar sistemiyle özdeşleştirilmesinin oldukça yakın bir tahmin olacağını gördük. Newton'ın dilinde bunun anlamı şudur: Sabit yıldızların mutlak uzaya göre hareketsiz olduklarını belirten önermeyi Newton'ın yasalarına eklememiz gerekir. Bu olgu, Newton'a göre önemsiz bir ayrıntıdan fazlası değildi. Sabit yıldızlar ne yaparlarsa yapsınlar, herhangi bir maddesel cisim hızını mutlak uzaya göre sabit tutacaktı. Halbuki, pek yakında dünyanın (veya başka bir maddesel cismin) hızını herhangi bir fiziksel deneyle belirlemenin imkânlı olmadığını ve dolayısıyla bu hızın hiçbir işlemsel anlamı olmadığını göreceğiz.

Newton bu zorluğun pekâlâ farkındaydı. "Mutlak uzaya" işlemsel bir anlam kazandırmak için organizmik fiziğin bazı öğelerini korudu. Aristotelesçi fizikte her hareketli gök küresinde ilahi bir varlık olduğunun varsayılmasına benzer olarak, Newton da mutlak uzayın "Tanrı'nın duyuları" ile özdeş olduğunu varsaydı. Bu önerme çeşitli şekillerde yorumlanmıştır ama David Gregory'nin[26] günlüğü bize oldukça anlaşılır bir açıklama verir. Newton'ın öğrencisi ve yakın arkadaşı olan Gregory, 1705'te cisimlerden arınmış olan uzayı neyin doldurduğu sorusuyla ilgili bir konuşmanın kaydını tutmuştur. Bize aktardığı kadarıyla:

> Gerçek şu ki, Tanrı'nın her yerde var olmasının kelimenin tam anlamıyla doğru olduğuna ve imgeleri bize beyin aracılığıyla verdiğinde nesneleri algılayabildiğimiz gibi, Tanrı'nın da her şeyde derinlemesine var olduğu için, her şeyde algılanabilir olması gerektiğine inanır. Çünkü Tanrı'nın uzayda hiçbir vücut olmayan yerde var olduğu gibi, zaten bir vücut var olan yerde de var olduğunu düşünür.

Eylemsizlik yasasında "organizmik" veya "teolojik" bir öğeye yer verdiği gerçeğini görmezden gelirsek, Newton'ın fiziğinin mantıksal yapısını anlayamayız. 18. yüzyıl sonu ile 19. yüzyıl başlarında, fiziği her türlü teolojik öğeden temizleme çabaları sürerken, Newton'ın fiziği mantığa aykırı hale geldi. "Mutlak uzay" zerre kadar işlemsel anlamı olmayan sıradan bir kelimeye dönüştü.

Newton'ın fiziğinde, bilim insanları ve filozofların "eylemsizlik"in temeli olarak Tanrı'nın her yerde bulunmasından çok daha yakından tanıdığı başka bir teolojik öğe daha vardır. Newton, kuramını gezegenler sisteminin hareketlerine uyguladığı zaman, gezegenlerin Güneş etrafında odaklarından birinde Güneş olan elipsleri takip ederek hareket ettikleri sonucuna ulaşabilmişti. Fakat gezegenlerin hareket-

lerinde Newton'ın yasalarıyla ulaşılamayan başka düzenlilikler de vardır: Gezegenlerin ve kuyrukluyıldızların tümünün yörüngeleri hemen hemen aynı düzlemde yer alır ve hepsi aynı şekilde deveran eder. Newton'ın yasaları, tüm kütleler için rasgele başlangıç konum ve hızlarına müsamaha gösterir ve dolayısıyla gerçekte ortaya çıkmayan pek çok düzensizliğe yer vermiş olur. Newton, istikrarlı durumları organizmik fiziğin tipik argümanlarını kullanarak açıklamıştır. Şöyle yazar:[27]

> Ancak, basit mekanik sebeplerin bu kadar çok sayıda düzenli hareketi doğurabileceği düşünülemez; çünkü kuyrukluyıldızlar oldukça eksantrik yörüngelerle göklerin her yerine yayılırlar. ... Güneş'in, gezegenlerin ve kuyrukluyıldızların bu en güzel sistemi, ancak zeki ve güçlü bir Varlık'ın düşünce ve hükmüyle meydana gelebilir.

Newton için, düzenliliklere getirdiği "açıklama"nın, aslında gezegenler sistemindeki düzenlilik ile insan ilişkilerinin düşünülmüş planlamasından kaynaklı düzenlilik arasındaki benzerliğe işaret etmekten geçtiği açıktı. Newton şöyle devam etti: "Tanrı'ya dair bütün fikirlerimiz, kusursuz olmasa da yakın olan, belirli bir benzerlikle insanların hallerinden alınmıştır." Bu alıntıdan kolaylıkla görülebildiği kadarıyla Newton da Aristotelesçi fizikte olduğu gibi gezegen hareketlerini insan davranışlarıyla aralarında bir analoji kurarak açıklamıştır.

18. yüzyılın sonu ile 19. yüzyılın başındaki düşüncelerde, "organizmik bilim"e dayanan tüm argümanlara bir karşı duruş hâkim olduğunda, Newton'ın fiziğinden organizmik düşüncenin tüm kalıntılarını temizleme çabası başladı. Hepimizin bildiği gibi Newton'ın hareket yasaları, sistemdeki tüm kütlelerin "başlangıç durumları", konumları ve hızlarının verilmesi durumunda, mekanik bir sistemin gelecekteki hareketlerini belirli bir anda nasıl öngöreceğimizi söyler.

Gelecekteki hareketlerin hesaplanabilmesi için bu bilgilerin Newton'ın yasalarına eklenmesi gerekir. Daha önce gördüğümüz gibi, Newton'ın kendisi bu başlangıç koşullarının bir şekilde insan zekâsına benzeyen insanüstü bir zekâ tarafından belirlendiğini varsaymıştır; bu zekâ hesaba katılmazsa Newton fiziğinin örgüsünde delik açılır. Öyleyse, "başlangıç koşulları"nın belirli olmadıklarını söylemeli ve kendisinden bunların türetilebileceği bir ilkeyi icat etmeli veya tartışmalıyız. Yine yaygın olarak bilindiği gibi, 18. yüzyılın sonunda Kant ve Laplace, gezegenler sisteminin kökeninin dönen bir gaz kümesine dayandığı hipotezini ileri sürdüler. Newton'ın insana benzer bir tasarıma indirgediği düzenlilikler, gezegenler sisteminin tüm parçalarının bir zamanlar yaptıkları ortak deverana atfedilmiş oldu. Bu demektir ki, gezegenler sistemimizin oluşumundan uzun zaman önce, sistemin kütlelerinin başlangıç koşulları öyle bir durumdaydı ki, açısal momentumun belirli bir vektörün gösterdiği belirli bir değeri vardı. Tabii ki bu deveranın nasıl başladığını da sorabiliriz. Yine organizmik bir öğeye başvurabilir ya da Newton'ın yasaları uyarınca ortak deveranı ortaya çıkarabilecek başka başlangıç koşullarını varsayabiliriz. Bu türden birçok girişim olmuştur ama ne olursa olsun keyfi bir andaki başlangıç koşullarıyla ilgili keyfi bir varsayımda bulunmak zorunludur. Epikürcü Lucretius'un[28] Şeylerin Doğası Üzerine adlı kitabında yaptığı gibi başlangıç koşullarının bütün atomların düzensiz hareketini tarif ettiğini söyleyen "minimum bir varsayım"da bulunabiliriz. Fakat düzensiz hareketi varsaymak da gelişigüzel bir iştir; üstelik düzensiz hareketten açısal momentumun ortaya çıkması hassas ve biraz da tartışmalı hesaplamalar gerektirir.

Başlangıç koşullarından teolojik kalıntıları temizleme meselesini bir tarafa bırakalım. "Başlangıç koşulları" veya günlük dildeki haliyle "evrenin başlangıcı"na dair hipotezler,

çoğunlukla "felsefi" yönlerinden dolayı ilgi toplamışlardır. Bunlardan, deneyimle sınanabilecek çok az şey türetilmiştir. Diğer taraftan, organizmik ve teolojik öğeleri eylemsizlik yasasından temizleme çabaları "hakiki bilim" alanında çok büyük sonuçlara sahip olduklarını kanıtlamış, yeni fiziksel yasalar bulmak için yapılan araştırmaları tetiklemiştir.

6. ve 7. Kısımlarda, eylemsiz bir sistem fiziksel işlemlerle tanımlanırsa, Newton'ın yasalarının işlemsel bir anlam kazandıklarını öğrendik. Newton'ın bunu "Tanrı'nın duyuları" diye tarif ettiğini ve mekaniğin gerçekte uygulanmasının sabit yıldızların Newton'a göre "mutlak uzay"da hareketsiz halde olmaları gibi "tesadüfi bir olgu"ya dayandığını öğrendik. Ancak, şu iki öncülü incelediğimiz zaman: Eylemsizlik yasası mutlak uzaya göre geçerlidir ve sabit yıldızlar mutlak uzaya göre hareketsizdir; bunlardan şöyle basit bir sonuç elde edebiliriz: Eylemsizlik yasası sabit yıldızlara göre geçerlidir. Böylelikle, "mutlak uzay" terimi bütün organizmik kalıntılarıyla beraber hareket yasalarından çıkarılmış olur. Bu durumda "eylemsizlik", günlük dilde söylenecek olursa, fırlatılmış bir taşın sabit yıldızlara göre hızını ve doğrultusunu koruma eğilimidir. Öyleyse "eylemsizlik" de yerçekimi gibi maddesel cisimler arasındaki bir etkileşimdir. Bu nokta 19. yüzyılın sonuna doğru Ernst Mach tarafından önce 1872 tarihli kısa bir makalede ve sonra da yukarıda bahsi geçen kitabında daha ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Mach, 1883'te *Mekanik ve Evrimi* kitabında şöyle yazmıştır:[29]

> Yeryüzü cisimlerinin dünyaya göre davranışları, çok uzaktaki gökcisimlerine (sabit yıldızlara) göre olan davranışlarına indirgenebilir. Eğer hareket eden cisimlere dair, deneyimin bize verdiği hisse dayanarak, gökcisimlerine göre olan hipotetik davranışlarından fazlasını bildiğimizi iddia edecek olursak *dürüst davranmamış* oluruz. Dolayısıyla, bir cismin *uzaydaki* yönünü ve

> hızını koruduğunu söylemek, dünyanın bütününü dikkate almanın sadece başlangıç noktasıdır. ... İlkenin mucidi [Newton], kısaltılmış ifadeyi [uzay] kullanabilir; çünkü yasanın uygulanmasında hiçbir zorlukla karşılaşmayacağını bilir. Ancak, ortaya gerçek zorluklar çıkarsa, mesela birbirlerine göre hareketsiz olan cisimler yoksa, hiçbir şey yapamaz.

Buna göre, organizmik öğelerin tasfiyesi, maddesel cisimler arasındaki etkileşim için yeni yasaların keşfedilmesine sebep olmuştur. Yeni yasalar, Einstein'ın yerçekimi kuramının özünü oluşturur. Görelilik üzerine olan bölümlerde bunlar daha ayrıntılı olarak tartışılacaktır (5. ve 6. Bölümler).

5. BÖLÜM

HAREKET, IŞIK VE GÖRELİLİK

1. Aristoteles, Aziz Augustinus ve Einstein

Newton, mutlak ve sonsuz uzayı fiziğin temel bir kavramı saymakla, antikçağ ve ortaçağ fiziğinde olmayan bir zorluğun ortaya çıkmasına sebep oldu. Aristoteles'in fiziği doğal bir referans sistemi içeriyordu – dünya onu çevreleyen kürelerin merkezindeydi. Ayrıca doğal bir saati de vardı; kürelerin devirleri. Aristoteles bir cismin yerinden bahsettiğinde, bugün başka cisimlerle dolu bir çevredeki "göreceli yer" dediğimiz şeyi kastediyordu. Aristoteles şöyle yazdı:

> Yerin varlığının, doğal yer değiştirme olgusundan dolayı bariz olduğu kabul edilir. Şimdi içinde hava olanın daha önce içinde su vardı; dolayısıyla doldurdukları ve boşalttıkları yer veya uzayın ikisinden de farklı bir şey olduğu açıktır. ... Ayrıca, temel doğal maddelerin –ateş, toprak ve benzerlerinin– tipik devinimleri, yerin sadece bir şey olduğunu göstermekle kalmaz, belirli bir etki uyguladığını da gösterir. Bunların her biri, onu engelleyen bir şey yoksa kendi yerine taşınır; biri yukarı gider, diğeri aşağı... Yer hareketsiz olandır: (bir botun) yeri ırmağın bütünüdür; çünkü ırmak bir bütün olarak hareketsizdir ... demek ki yer, içerenin en içteki hareketsiz sınırıdır.[1]

Bu iyi-sıralı "yer" sistemi, Newton içinde hiçbir yer, sınır ve "hareketsiz" taşıyıcının bulunmadığı bir uzay kavramı ileri sürdüğünde altüst oldu. İbrani-Hıristiyan dünya görüşünün yeniden mutlak ve boş uzayı ileri sürmesi ilginçtir: Bu, dünyanın yaratılıştan önceki halidir. Yunan felsefesi geleneğinde yetişip sonradan Hıristiyanlığa geçen Aziz Augustinus, bu yeni öğretiyi kendi felsefi altyapısıyla özümsemekte sıkıntılar yaşamıştır. Eğer evren yaratılıştan önce tamamen boş ise, Tanrı'nın dünyayı yaratmadan önce neden bu kadar uzun beklediği sorusu doğar. Aziz Augustinus *Confessiones* [İtiraflar] adlı eserinde şöyle yazmıştır:[2]

> Eğer herhangi bir kararsız akıl ... Her Şeye Kadir, Her Şeyin Yaratıcısı ve Destekleyicisi olan, Cennet ve Dünya'yı Yapan Tanrı'nın, böylesi mükemmel bir işi yapmadan önce sayısız çağlar boyunca durduğunu düşünecek olursa: Kendine gelsin ve yanlış fikirlere itibar ettiğinin farkına varsın. O'nun, bütün çağları Yaratan ve Yazan Tanrı'nın yaratmadığı sayısız çağ nasıl geçebilir ki? Ya da, O'nun tarafından yaratılmayan hangi zamanlar olabilir ki? Bunlar hiç var olmadan nasıl geçebilirler ki? Bütün zamanların Yaratıcısının sanatına bakarak, eğer herhangi bir zaman O Cennet ve Dünya'yı yaratmadan önce geliyorsa, neden O'nun yaptığı işten önce var olduğunu söylerler? ... Fakat Cennet ve Dünya'dan önce zaman yoksa, nasıl olur da "işini daha sonra yaptığı" söylenebilir? Zaman yokken, "sonra" da yoktur.

Bunun anlamı, yaratılıştan önce var olan mutlak boşlukta zaman diye bir şeyin olmadığı ve Tanrı'nın yaratmaya başlamadan önceki "zaman"da ne yaptığını sormanın anlamsız olduğudur.

Aziz Augustinus'un cümleleri ile Einstein'ın görelilik kuramının merkezi iddialarını daha popüler ve esprili bir şekilde açıklamak için kurduğu cümleleri karşılaştırmak bizim için öğretici olabilir. Einstein 1921'de Amerika Birleşik Devletleri'ne ilk defa geldiğinde, New York limanında kendisin-

den ünlü teorisinin temel öğretisini tek bir cümleyle açıklamasını isteyen bir grup gazeteci tarafından karşılandı. Onlara şöyle bir cevap verdi:[3]

> Kelimelerimi fazla ciddiye almazsanız şöyle diyebilirim: Dünyadan tüm maddelerin yok olduğunu varsayacak olursak; görelilikten önce, uzay ve zamanın boş bir dünyada var olmaya devam edecekleri düşünülüyordu. Fakat görelilik kuramına göre, madde ve hareketleri yok olursa geriye ne uzay kalır, ne de zaman.

2. Newton Mekaniğinde "Görelilik"

3. Bölüm'de, Newton'ın ivmeyi sözlü olarak "mutlak uzay"a göre belirleyen hareket kanunlarının, ancak fiziksel cisimlerden meydana gelen bir "eylemsiz sistem"e gönderme yaparak yorumlanmaları durumunda gözlemlenebilir olguları öngörmekte kullanılabileceklerini gördük. İlk tahmin olarak, sabit yıldızları katı bir sistem sayabildiğimiz kadarıyla, bu sistemi takımyıldızlarla özdeşleştirebiliriz. Newton, belirli bir odada gerçekleştirilen mekanik bir deneyle, bu odanın eylemsiz bir sistem olup olmadığını anlayıp anlayamayacağımız, eğer anlarsak da bunun tek eylemsiz sistem olup olmayacağı sorularını zaten sormuştu. a_{ey} ile (S) eylemsiz sistemine göre ivmeyi gösterirsek, eğer m bir cismin kütlesi ve f de Newtoncı kuvveti veren "basit formül"[4] ise, Newton'ın hareket kanunları $ma_{ey} = f$ diye yazılabilir. Şimdilik atom altı parçacıkların hareketlerinin hesabını veren nükleer kuvvetleri dikkate almazsak, ortalama büyüklükteki kütlelerin hareketlerini gerçekte yalnızca iki tür kuvvet belirler: Elektromanyetik kuvvetler ve yerçekimi kuvveti. Birinci durumda, kütle arttırılırsa (madde parçaları ekleyerek), a_{ey} ivmesi $a_{ey} = f/m$ formülüne göre azalacaktır. Kütle yeterince büyütülürse, ivme sonsuz küçüklüğe ulaşacaktır. Eğer kuvvet elektromanyetik türden ise, ortaya çıkacak durum kesinlikle budur. Eğer e elektrik yükü ise ve

E de elektrik alan gücü ise, $f = eE$ ve $a_{ey} = e/m \times E$ olur. Verilen bir alanda, artmakta olan bir kütlenin eylemsiz bir sisteme göre ivmesi sıfıra doğru azalacaktır. Bir cismi doğrudan itmek veya çekmekle üretilen kuvvetler de dahil olmak üzere, her türlü kohezyon kuvveti elektromanyetik türdendir. Galileo'dan beri, serbest düşmekte olan cisimlerde dünyaya göre olan ivmenin kütleden bağımsız olduğunu biliyoruz. Öyleyse, f/m m'den bağımsızdır veya f ile m orantılıdır. Eğer $f = mg$ ise, $f/m = g$'nin m'den bağımsız olduğu açıktır. Bu da yerçekimsel türden olan kuvvettir. Şimdilik bunu dikkate almayacağız ve sadece çok büyük kütleler üzerinde, yalnızca çok küçük ivmeler yaratan kuvvetlerden bahsedeceğiz.

Newton'ın yasaları a_{ey} ivmesini eylemsiz bir sisteme göre veredursun, biz şimdi mesela eE olabilecek f kuvvetlerinin ürettiği rasgele bir sisteme ("taşıt"a) göre ivmeyi ele alacağız. Kolaylık olması için, tüm ivme ve kuvvetlerin aynı doğrultuda olduklarını varsayabiliriz. "Taşıt"ın (S) eylemsiz sistemine göre ivmesini a_{ta} ile, m kütlesinin (S) eylemsiz sistemine göre ivmesini a_{ey} ile, m kütlesinin rasgele bir sistem veya Aristoteles'in "hareket edebilen yer" dediği "taşıt"a göre ivmesini de sadece a ile gösterelim. Buna göre, $a_{ta} + a = a_{ey}$ olur ve hareket eşitliği $ma_{ey} = ma_{ta} + ma = f$, veya $ma = f - ma_{ta}$'ya dönüşür; örneğin $ma = eE - ma_{ta}$'dır. Rasgele bir taşıt sistemine gönderme yaparsak, bir m kütlesinin a ivmesini Newtoncı kuvvetin kendisi (örneğin eE) belirlemez; "eylemsiz kuvvet" f_{ey} adını verdiğimiz bir $-ma_{ta}$ terimini de dikkate almamız gerekir. Bu durumda rasgele bir taşıt sistemine göre hareket yasaları $ma = f + f_{ey}$ olur ve burada $f_{ey} = -ma_{ta}$'dır. Hemen görüldüğü gibi hareket yasalarını, Newtoncı kuvvete bir $f_{ey} = -ma_{ta}$ "eylemsiz kuvveti" ekleyerek, eylemsiz bir sistem olmayan bir referans sistemine göre formülleştirebiliriz. Bu kuvvet elektromanyetik türden değil, yerçekimsel türdendir. Eşitliği m'ye bölersek,

a ivmesi için rasgele bir sisteme göre şu eşitliği elde ederiz: $a = f/m + f_{ey}/m = f/m - a_{ta}$. Kütle çok büyük olursa, ivme $a = -a_{ta}$ olur. a'nın sıradan ölçüm işlemleriyle ölçülebileceği belli olduğundan, herhangi bir "taşıt"ın eylemsiz bir sisteme göre ivmesi olan $a_{ta} = -a$ da ölçülebilir.

Hatırlayacağınız gibi Newton eylemsiz sistemi, fiziksel bir cisim değil de "Tanrı'nın duyuları" olan "mutlak uzay"ıyla özdeşleştirdi.[5] Newton, çok büyük bir cismin rasgele bir referans sistemine göre ivmesinin, bize bu taşıtın "mutlak bir uzay"a göre ivmesini sağladığına dikkat çekmişti. Bir tren kompartımanının içinde çok büyük bir topu itersek, kompartımanın ivmesi olan a_{ta}'yı (eylemsiz bir sisteme göre), topun kompartımana göre ivmesi olan a'dan bulabiliriz. En bilindik durum taşıtın dönmesidir. Bu durumda, aynı doğrultudaki hareketlerle iş yapmamız gerekmez; her ivme veya kuvvet yalnızca büyüklüğü değil, aynı zamanda yönü de olan bir a veya f vektörüdür. Dönen bir taşıt üzerinde, a_{ta} ivmesi merkezcildir. Bundan dolayı, bir kütlenin taşıta göre ivmesi olan a, merkezkaç doğrultusunda dönme ekseninden uzaklaşan bir ivmedir. Newton, ünlü kova deneyini anlatırken, kütlelerin "merkezkaç hareketi"ni, referans sisteminin mutlak uzaya göre dönüşünün bir ölçütü olarak kabul etti. Buna dayanarak, "bir odanın mutlak uzaya göre dönmesi"nin fiziksel deneylerle gözlemlenebilecek sonuçları olduğunu öne sürdü (merkezkaç görüngüleri).

Eğer "taşıt" eylemsiz bir sisteme göre bir doğru boyunca q sabit hızıyla hareket ediyorsa, daha farklı bir durum söz konusudur. Bu durumda, $a_{ta} = 0$ olur ve sanki taşıt eylemsiz bir sistemmiş gibi, taşıta göre ivmeyi $ma = f$ belirler. Böylelikle taşıtın eylemsiz sisteme göre olan q hızı herhangi bir sabit değere sahip olabilir. Bu değer a'yı belirleyen hareket kanununda kendini göstermez. Dolayısıyla, tüm kütlelerin taşıta göre

başlangıç konumları ve hızları verilirse, $ma = f$ kanunu aynı taşıta göre gelecekteki tüm konumları hesaplamamızı sağlar. q'yu bilmek gerekli değildir; ve tabii ki hareket kanunlarını taşıta göre gözlemleyerek eylemsiz sisteme göre olan q hızıyla ilgili hiçbir şey öğrenilemez. Newton'ın kanunundan elde edilen bu teoreme, Newton'ın "Görelilik Teoremi" adı verilir. Bunu olumlu veya olumsuz bir şekilde formülleştirebiliriz. Olumlu hali şudur: Bir taşıttaki kütlelerin göreli başlangıç koşullarını bilirsek, bunların gelecekteki göreli hareketini, taşıtın kendi q hızını bilmeden öngörebiliriz. Olumsuz formül ise şöyle der: Bir taşıta göre hareketleri gözlemleyerek, taşıtın eylemsiz bir sisteme göre bir doğru boyunca hareket ettiğini de kabul etmek koşuluyla, bu taşıtın sabit q hızını bulamayız. Ayrıca şöyle de diyebiliriz: (S) eylemsiz sistemine göre düzgün hareket yapan bir taşıtın kendisi (S') diye adlandırılabilecek eylemsiz bir sistemdir. Bu düşüncelerden açıkça görüldüğü üzere, eylemsiz bir sisteme göre veya Newton'ın dediği gibi mutlak uzaya göre (S')'nün q hızı herhangi bir fiziksel deneyle elde edilemez. Bu q hızının fizikte hiçbir işlemsel anlamı yoktur ve Newton bu hıza teoloji sistemi bağlamında bir anlam vermiştir.

3. Newton'ın Göreliliği ve Optik Görüngüler

Bir taşıtın sabit q hızıyla yaptığı doğrusal hareketin kendini mekanik deneylerde göstermediğini öğrendik. Şimdi, aynı (S') taşıtına göre belirli ve kesin başlangıç koşulları olan optik görüngüleri incelediğimizde durumun ne olacağını sorabiliriz. Taşıtın doğrusal hızı olan q'nun, optik deneyin sonuçları üzerinde herhangi bir etkisi olacak mıdır? Newtoncı mekaniğin büyük başarısından sonra, ışık görüngülerinin hesabının, ışığın mekanik kuramlarıyla verilmek zorunda olduğu görüşü hâkim oldu. Bu türden iki tane kuram vardı ve ikisi

de Newton mekaniğine tüm hareket görüngüleri için evrensel geçerlilik atfetmişlerdi. İlk teoriye göre ışık, ışık kaynağı tarafından yayılan ve gözlerimize ulaşan küçük taneciklerden meydana gelmişti. Bu tanecikler, Newton mekaniğinin yasalarına tamı tamına uyuyorlardı; bahsettiğimiz kuram, bir tür "Işığın Tanecik Kuramı"ydı. İkinci kuram dünya uzayının tamamının, yine Newton mekaniğinin yasalarına uyan, eter denilen ince ve esnek bir taşıyıcı ile dolu olduğunu varsayıyordu. Işık, bu taşıyıcı içerisinde dalgaların yayılmasından meydana geliyordu.

Tanecik kuramına göre, ışık su içerisinde havadakinden daha büyük bir hızla yayılır (daha yoğun olan ortamda karşılıklı çekim daha büyük olduğundan). Dalga teorisiyse bizi ışığın suda havadakinden daha küçük bir hızla yayıldığı sonucuna götürür (katı cisimler ve akışkan maddeler için olan Newton mekaniğine göre, dalgalar daha yoğun ortamlarda daha düşük hızla yayılırlar). 1850'de Fransız fizikçi Foucault[6] ışığın suda havadakinden daha küçük hızla hareket ettiğini deneyle açıkça gösterdi: Yani tanecik kuramı, bir "kritik deney" ile reddedilmiş görünüyordu. Dalga kuramı genel olarak kabul gördü. Bu kararın, düzgün q hızıyla hareket etmekte olan bir odada, q hızının bu odaya göre olan optik görüngüler üzerinde bir etkisi olup olmadığı, bir başka deyişle Newton'ın görelilik teoreminin ışık görüngüleri için de geçerli olup olmadığı sorusu üzerinde büyük bir etkisi vardı. Tanecik kuramını kabul edersek, ışığın yayılmasının fırlatılmış topların hareketinden bir farkı yoktur. Bunlar, taşıta göre, taşıtın hızı olan q'nun değerinden bağımsız bir şekilde hareket ederler. Görelilik teoremi optik görüngüler için de geçerli olacaktır. Fakat dalga kuramı kabul edilirse durum bundan farklı görünür. Işık, eter içindeki titreşimlerden meydana gelir. Işığın q hızıyla hareket eden bir araç içerisindeki yayılı-

mını öngörmek istiyorsak, eter parçacıklarının hızının aracın hareketinden nasıl etkilendikleri konusunda bazı varsayımlarda bulunmamız gerekir.

Sabit yıldızlardan gelen ışığın yıllık sapması,[7] dünya uzayını dolduran eterin hareketsiz olduğu hipotezini akla getirir. Dünyanın yörüngesindeki hızının doğrultusuna dik gelen ışığın q/c (sapma açısı) açısıyla saptığı görülür; buradaki c ışığın boşluktaki hızıdır. Bu değerin, koşullar ne olursa olsun aynı kalmasından dolayı dünyanın q hızının hiçbir bileşeninin eter parçacıklarının titreşimlerine eklenmediği düşünülür. Eter içinde hareketsiz bir kaynaktan, yani (S) sisteminden gelen ışığın yayılımıyla, dünya taşıtı içindeki hareketsiz bir kaynaktan, yani (S') sisteminden gelen ışığın yayılımını karşılaştıracak olursak, iki sistemin başlangıç koşulları mekanik anlamda eşit olmazlar. İlk durumda eter parçacıklarının başlangıç hızları, küçük titreşimlerin hızlarıdır. Fakat (S') sistemine göre tüm parçacıklar, titreşim hızına ek olarak bir de $-q$ diye ortak bir hıza sahiptirler; bunun sebebi (S') sisteminin etere göre q hızıyla hareket ediyor olmasıdır. Sonuç olarak, Newton'ın görelilik teoreminin ışığın yayılımına uygulanabilmesini bekleyemeyiz.

Işığın eter kuramı bağlamında görelilik teoreminden ne tür bir ayrılma beklememiz gerektiğini kolaylıkla görebiliriz. Eter içinde hareketsiz bir ışık kaynağı olan (S) sisteminden, (S)'ye göre c hızıyla ışık yayılacaktır. Eğer kaynak (S') "taşıtı" içinde hareketsizse, ışığın yayılma hızı yalnızca ortamın elastik özelliklerine bağlı olup ışığın çıkış yöntemine bağlı olmadığından, ışık yine (S)'ye göre c hızıyla yayılacaktır. Dolayısıyla, ışık (S) sistemi içerisindeki hareketsiz bir kaynaktan (S') sistemine göre, q'nun yönünün ışık ışınının yönünün aynısı veya tersi olmasına göre $c + q$ veya $c - q$ hızıyla yayılacaktır. Bu durumda, düzgün doğrusal hareket yapmakta olan bir taşıtın

q hızının, taşıta göre ışığın yayılımına bir etkisi olacakmış gibi ve taşıt içerisindeki optik görüngüleri gözlemleyerek q'yu hesaplayabilirmişiz gibi görünür. Bu ihtimali deneyle sınama girişimleri kuramsal ve deneysel fizik tarihinde ciddi bir yere sahiptir. Yansıma ve kırılma görüngülerinin, ölçülebilir sonuçlar vermek bir tarafa, gerçekte gözlemlenebilir sonuçlar bile sağlayamadıkları bulunmuştur. Bu çalışmaların doruk noktası Britanyalı bilim insanı James Clerk Maxwell'in sunduğu öneri olmuştur. Maxwell, dünyanın q hızının, dünyadaki optik görüngüler üzerindeki ölçülebilir bir etkisini verecek bir deney tasarladı. Daha önce, q/c büyüklüğünün etkisine hiçbir deneyle ulaşılamayacağı bulunmuştu. Maxwell'in ortaya koyduğu deney ise, yalnızca q^2/c^2 büyüklüğünün bir etkisini veriyordu; ama yine de ölçülebilir bir sonuç veriyordu, çünkü ışık dalgalarının girişimi ile ölçüm yapmak mümkündü.

Maxwell, taşıt içinde hareketsiz haldeki bir kaynaktan yayılan ve kaynağa uzaklığı L olan aynalardan yansıyan ışığın yansımasını incelemeyi teklif etti.[8] Sırasıyla, taşıtın (dünyanın) hareketine paralel olarak yayılan ve bu doğrultuya dik olarak yayılan ışık ışınlarının harcadığı zamanı karşılaştırdı. Taşıt hareketsiz ise ($q = 0$), bir yansımanın aldığı zaman $T_0 = {}^{2L}/_{c}$ olacaktır ve bu, ışık ışınının doğrultusundan bağımsızdır. Fakat taşıt q hızıyla hareket ediyorsa, q'nun doğrultusuna paralel yansımanın zamanı $T_p = T_0/\left(1 - {}^{q^2}/_{c^2}\right)$ ve q'nun doğrultusuna dik yansımanın zamanı da $T_n = T_0 / \left(\sqrt{1 - {}^{q^2}/_{c^2}}\right)$ değerinin alır. Bunlara, S'ye (etere) göre ışık hızının her zaman c olduğu ve S' sisteminin eter içindeki hareketinin eteri etkilemediği varsayımlarından kolayca ulaşabiliriz. T_n'nin T_p'den küçük olduğu açıktır. ($T_p - T_n$) farkı yaklaşık olarak $\frac{1}{2}T_0 \, {}^{q^2}/_{c^2} = {}^{Lq^2}/_{c^3}$'tür. Maxwell şöyle bir iddiada bulunmuş-

tur: İki ayrı aynadan yansıyan iki ayrı ışık ışını birleştirilebileceğinden, zamanlar arasındaki ($T_p - T_n$) farkı, bunu ışık titreşimlerinin periyoduyla karşılaştırılarak ölçülebilir. Geriye kalan tek soru, gerçek bir deneyde ($T_p - T_n$) farkının yanılgı payını geçip geçmeyeceğiydi. Eğer geçebilirse, q hızının hesaplanmasını sağlayacaktı. Maxwell'in öne sürdüğü deneyin tanınması, eterin maddesel cisimlere ait q hızıyla hareket ettirilmediği ve ışık titreşimlerini c hızıyla ilettiği teorisinin nihai desteğini sağlayacaktı.

Maxwell'in önerisi, duyurulmasının üzerinden çok zaman geçmeden (1881'de) Amerikalı fizikçi Albert A. Michelson[9] tarafından gerçekleştirildi ve bunun sonucunda olumsuz bir sonuç elde edildi. Beklenen zaman farkı ($T_p - T_n$) yanılgı payından büyüktü; hatalar dikkate alınmadığında gözlemlenen zaman farkı sıfırdı. Bunun anlamı, bir taşıtın q hızının taşıt içerisindeki optik görüngülere herhangi bir etkisinin olamayacağıydı. Başka bir şekilde söylersek, Newton'ın görelilik teoremi (Maxwell'in ispat ettiği gibi) mevcut eter kuramı ve mekaniği takip ettiği halde optik görüngüler için de geçerli olacaktı. Michelson'ın kendisi de dahil birçok çağdaşı, Michelson'ın deneyini, ışığı mekanik bir görüngü ve eteri Newton'ın hareket kanunlarına uyan bir taşıyıcı olarak ele alan hâkim kuram bağlamında yorumlamaya çalıştılar. Bu çerçevede, parçacıkların titreşiminin eter içerisinde hareket eden taşıtın q hızıyla değiştirilmediği varsayımı tabii ki değiştirilebilirdi. Michelson ve çoğu çağdaşı, G. G. Stokes'un öne sürdüğü, dünya yüzeyindeki eter parçacıklarının, dünyanın q hızını titreşimlerine ekledikleri hipotezini ele aldılar. Bu durumda, pek tabii ki T_p ve T_n arasında bir fark olması için herhangi bir sebep yoktu ve görelilik teoremi geçerli olacaktı; ama önceden de belirttiğimiz gibi "eterin hareket eden maddelerce taşınması"nı içeren bir kuramı, yıldız ışığının sapmasıyla uzlaştırmak

zordu. Eterin hareketine dair yalnız sapmayı değil, Michelson'ın deneyini de açıklayacak yeni kanunlar icat etmemize hiçbir engel yoktur; fakat teori çok karmaşık bir hal alır. 19. yüzyılın sonlarına doğru, ışığın mekanik teorisinin büyük bir karışıklık ve şaşkınlık sürecine girdiğini söyleyebiliriz.

4. Elektromanyetik Dünya Resmi

Michelson deneyi, tüm fiziksel görüngüleri Newton'ın hareket yasalarından türetme girişimlerinin sorunlara sebep olmasının örneklerinden biriydi. Işığın yayılmasını mekanik bir görüngü olarak ele almanın imkânsız olduğu kesinlikle "kanıtlanmamıştı"; ama Newton'ın yasalarından yapılacak bir çıkarımın "sade" bir yoldan yapılmak zorunda olduğu kesinlikle açıktı. Buna ek olarak bir de "elektromanyetik görüngüler" alanı vardı. Bu görüngüler, 19. yüzyılın ikinci yarısından beri Maxwell'in "elektromanyetik alan" üzerine diferansiyel eşitliklerinden türetiliyorlardı. Aslında bu "alan eşitlikleri" Newton'ın hareket yasalarına uyan özel bir mekanizmayı tarif eden eşitlikler olarak düşünülüyorlardı; Maxwell'in kendisi bu türden bir mekanizma icat etti. Elektromanyetik eşitliklerin böyle mekanizmalardan türetilmesi hiçbir zaman tam olarak yeterli olmamıştı; fakat tatmin edici bir türetmenin imkânsızlığı hiçbir zaman kanıtlanmamış olsa da, bu türetme gittikçe daha fazla dikkat çeker oldu. Sonunda, 1889'da Heinrich R. Hertz[10] elektromanyetik görüngüler teorisinin Maxwell'in alan eşitlikleriyle özdeş olduğunu açıkça söyledi; tıpkı Newton'ın hareket teorisinin Newton'ın hareket yasalarıyla özdeş olması gibi. Alan eşitliklerinin hareket eşitliklerine indirgenmesinin bir anlamı yoktur. Fizikçiler belirli bir süre bilimlerinin "düalist" bir resmini sundular. Fiziğin bir kısmı "maddenin fiziği", mekaniğin, akustiğin ve ısının fiziği olarak ele alındı; diğer kısım ise "eterin fiziği"y-

di ve elektrik, manyetizma ve optiği kapsıyordu. Kısa süre sonra böyle kesin bir ayrımın, maddesel cisimlerin hareketi ve elektromanyetik dalga yayılımı arasındaki etkileşime dair deneyimlerin bütününü, tatmin edici bir şekilde türetemediği görüldü. Bunun, Michelson'ın deneyinin hesabını Newton'ın kanunları bağlamında vermekteki başarısızlığın bir sonucu olduğu açıktı.

1890'da Britanyalı fizikçi Sir Joseph J. Thomson,[11] çok küçük mekanik bir kütlenin bir parçacığının elektrik yükü veya hızının yeterli büyüklükte olması durumunda çok büyük bir eylemsizliğe sahip olabileceğini gösterdi. Elektromanyetik alan yasalarından türetilebilen bu olgu başlangıçta şu sözlerle ifade edilmişti: Her elektrik yükünün, bir kuvvetin etkisi altında "gerçek bir kütle" gibi davranışlarda bulunan "görünen bir kütlesi" vardır. Daha sonra ortada gerçek bir kütle dahi olmayabileceği ve eylemsizliğin elektromanyetik alanın bir görüngüsü olduğu hipotezi öne sürüldü. Hollandalı büyük fizikçi Hendrik A. Lorentz[12] bu hipotezden bir parçacığın görünen kütlesinin, bu parçacığın hızıyla arttığını ve parçacığın hızı ışık hızına yaklaştığında bu büyümenin tüm sınırların ötesine geçtiğini çıkardı. "Kütlenin elektromanyetik teorisi"nden başlayacak olursak, her kütle bu özelliğe sahiptir ve buradan ışık hızının hareket eşitliğine bir sabit olarak katıldığı sonucuna varılabilir. Newton'ın yasaları ışık hızını kapsayacak şekilde değiştirilmelidir. Bir kuvvetin bir kütle üzerindeki etkisi v/c oranına bağlıdır; burada v kütlenin hızı, c ise ışık hızıdır.

Michelson deneyine dönecek olur (3. Kısım'da tartışılmıştı) ve bunu maddenin elektromanyetik kuramına uygularsak, kuramsal türetme ile deneysel sonuç arasındaki karşıtlıktan kaçınabileceğimizi görürüz. Newton'ın mekaniğini uygulayarak $T_n < T_p$ sonucuna ulaştık; oysaki deney $T_n = T_p$ olduğunu gösterir. Bu eşitsizliği veren argüman şuydu: $T_p = T_0/1 - {q^2}/{c^2}$

ve $T_n = T_0/\sqrt{1 - q^2/c^2}$; burada $T_0 = 2L/c$ idi. Bu formülde L, Michelson'ın aleti hareketsiz haldeyken, bu aletin eşit kollarından birinin uzunluğunu temsil eder. Newton mekaniğine göre alet yüksek hızla hareket halindeyken bu kollar eşit olurlar. Kolları meydana getiren parçacıkların kütlesinin "elektromanyetik bir kütle" olduğunu ve kökeninin parçacıkların elektrik yükü olduğunu varsayarsak, belirli bir doğrultudaki hareket bu doğrultuda elektrik akımları üretir. Bu akımların birbiri üzerine uyguladıkları kuvvetler, kollar arasındaki bir gerilimi açıklarken, gerilim de bir bozulmanın sorumlusudur. Lorentz bu gerilimlerin sonucunda kolların hareket doğrultusunda kasılabileceği fikrini makulleştirdi. Bu durumda hareket halindeki iki kolun uzunlukları eşit olmayacaktır. Hareket halindeki kolların uzunluklarını L yerine, L_p ve L_n ile gösterirsek, yansıma zamanları sırasıyla $T_p = 2L_p/c\left(1 - q^2/c^2\right)$ ve $T_n = 2L_n/c\sqrt{1 - q^2/c^2}$ olur. Lorentz, parçacıkların elektrik yükünün dağılımıyla ilgili bazı varsayımlarda bulunarak, $L_p = L_0\sqrt{1 - q^2/c^2}$ ve $L_n = L_0$ formülerinin elektromanyetik alan yasalarıyla oldukça uyumlu oldukları sonucuna ulaştı. Fakat bu durumda $T_p = T_0/\sqrt{1 - q^2/c^2} = T_n$ olur ve bu Michelson'ın deneyinin olumsuz sonucuyla hemfikirdir.

Şimdi gördüğümüz kadarıyla, "maddenin elektromanyetik teorisi"nden, ışık hızı olan c'yi bir sabit olarak içeren ve v/c 1 değerine yaklaştığında Newton'ın yasalarından büyük ayrılıklar olacağını gösteren, fakat v/c çok küçük olduğunda Newton'ın yasalarıyla neredeyse özdeş olan yeni hareket kanunları türetilebilir. Bu yeni kanunları kabul edersek, cisimlerin hareketi ile ışığın yayılımı arasındaki etkileşimi, hareket eden cisimlerdeki optik görüngülerden açığa çıkan haliyle ve

özellikle de Michelson deneyi tarafından verilen haliyle inceleyebiliriz.

"Maddenin elektromanyetik teorisi"nin kabul edilmesi bilimsel ve felsefi düşüncenin evriminde çok önemli bir etmen olmuştur. Çağdaş bilimin yükselişinden beri (1600 civarı), bilim insanları arasında "mekanistik bir bilime" inanma hâkim olmuştur; bunun anlamı fiziksel görüngülerin yalnızca Newton'ın hareket yasalarına indirgenebilir olduklarında "anlaşıldıklarına" veya "açıklandıklarına" inanmaktır. Tabii ki "maddenin elektromanyetik teorisi" bu gerekliliği bir tarafa bırakmıştır. İnsanın tüm fiziksel görüngüleri mekanik yasalarına indirgemeye çalışmaktan vazgeçmesi gerektiği Heinrich R. Hertz'le başlayarak ortaya konmuştur. Bunun yerine, tüm fiziksel olguların Maxwell'in elektromanyetik alan teorisinden türetilmesinin gerekli olduğu belirtilmiştir. Bu durum, "anlama" veya "açıklama" kavramlarının anlamlarında radikal bir değişim demekti. Fiziksel görüngüleri Newton'ın yasalarına indirgeme gerekliliğinin ortaya konmasının sebebi, bu yasaların "kendinde-apaçık" olduklarına inanılmasıydı; Newton mekaniğine indirgeme, Aristotelesçi anlamda bir "anlaşılır" ilkelere indirgeme etkinliğiydi. Oysaki Maxwell'in elektromanyetik alan eşitliklerinin kendinde-apaçık veya anlaşılır olduğunu pek de kimse düşünmüyordu. Dolayısıyla, mekanistik bir açıklamadan vazgeçmek, anlaşılır ilkelerden çıkarım yapmaktan da vazgeçmek anlamına geliyordu. Maxwell'in elektromanyetik alan eşitlikleri ve Lorentz'in "maddesel" cisimlerdeki elektrik yüklerinin dağılımıyla ilgili hipotezinin kabul edilmelerinin tek sebebi, cisimlerin hareketleriyle ve ışığın yayılmasıyla ilgili gözlemlenmiş olguları verebilmeleriydi. Thomas Aquinas'ın "aşağı" seviyeden doğrular için, "felsefi" doğrular için değil, "bilimsel" doğrular için koyduğu ölçüt belirleyici oldu. Fiziğin ilkeleri, mantıksal tutarlılık ve

deneyle onaylanma sınavlarına dayanabilirlerse kabul ediliyorlardı. Mekanistik fizik devri yavaş yavaş kapanıyordu ve mantıksal-deneysel fizik devri başlıyordu. Mekanistik dönemin kabaca 1600'den 1900'e kadar uzandığını ve 20. yüzyılın mantıksal-deneysel bilim anlayışıyla açıldığını söyleyebiliriz.

Elektromanyetik dünya görüşünün felsefi yorumu Lenin'in 1903'te yazdığı *Materialism and Empiro-criticism* [Materyalizm ve Ampiryokritisizm] adlı kitabının başlangıç noktasıdır.[13] Lenin'in, bir yorum türüne karşı kavgasında ileri sürdüğü görüşler, Sovyetler Birliği'nin resmi felsefesinin ve özellikle Rus üniversitelerindeki bilim eğitiminde hâkim bilim felsefesinin temeli haline geldiler.

5. Einstein'ın Kuramının İlkeleri

Newtoncı hareket ilkelerinin, insanın günlük yaşantısında gözlemlediği hareketlerle ilgili deneyimlerinin bir sonucu olmadıkları kesindi. Bu ilkeler, eylemsizlik yasası gibi kibirli bir hayal gücünün öğelerini taşıyorlardı. Fakat yine de Newton'ın yasaları günlük deneyimlere elektromanyetik dünya görüşünden türetilen hareket kanunlarından çok daha yakındı. Işık hızı olan *c*'nin hareket yasalarında yer alması günlük hayattaki gözlemlere çok uzaktır; çünkü ışık hızına yakın hızlara sahip olmadıkları sürece gözlemlenen hareketler üzerinde hiçbir etkisi yoktur ki bu da teknik mekanik ve hatta astronomide dahi gözlemlenen hiçbir harekette meydana gelmez. Elektromanyetik görüşün kabul edilmesiyle, mekaniğin genel ilkelerinin hareketle ilgili günlük deneyimimizi yansıtması gerektiği fikrinden vazgeçildi. Bu durum genel ilkelerin "anlaşılır" olmalarına duyulan gereklilikten vazgeçilmesiyle yakından ilişkiliydi.

Artık 20. yüzyılın ayırt edici özelliklerinden olan yeni ilkelerin piyasaya sürülmesinin yolu açılmıştı: görelilik kuramı

ve kuantum teorisi. Bilimin 20. yüzyıldaki amacı, 20. yüzyıl fizikçilerinin gözlemlediği olguları matematiksel olarak verebilecek sade bir ilkeler sistemi kurmaktı. Bu ilkelerin veya onların bazı doğrudan sonuçlarının günlük deneyimimizle, bir başka deyişle "ortakgörü" ile aynı fikirde olmalarına artık ihtiyaç duyulmuyordu. Gerekli görülenler, yüksek dereceden bir mantıksal sadelik ve 20. yüzyıl fizikçilerinin incelikli deneyleriyle hemfikir olmaktı. 1905 yılında, Albert Einstein[14] 20. yüzyıl fiziğinin ilk yapıtaşlarından biri olacak olan Görelilik Kuramı'nı ortaya koydu. Amacı, maddesel cisimlerin hareketiyle ışığın yayılımı arasındaki etkileşimin, eter hipotezine veya Lorentz'in madde parçacıklarındaki elektrik yükünün dağılımıyla ilgili hipotezine başvurmadan türetilebileceği basit ilkeler inşa etmekti. Yeni ilkeler, mantıksal bir tutarlılıkla, ışık hızını kapsayan yeni hareket ilkelerinin ortaya çıkmasına sebep oldular.

Einstein, yeni yasalara ulaşmak için eski hareket ve ışık yayılımı kanunlarının gözlemlenen olguları vermekte başarısız oldukları en önemli olaydan başladı: Michelson deneyi. 3. Kısım'da öğrendiğimiz gibi, bu deney Newton'ın görelilik teoreminin, Newtoncı mekanik ve optiğe göre böyle olmaması gerekse de, hareket eden taşıtlar içindeki ışık yayılımı için de geçerli olduğunu gösterdi. Bundan dolayı Einstein, görelilik ilkesinin Newton'ın hareket yasaları ve ışığın eter kuramından daha genel bir ilke olabileceği hipotezini öne sürdü. Bunlardan ikincisinden, gözlemlenen olguların makul bir genellemesi gibi görünen sadece bir tane genel sonucu kabul etti: Dünyada, bir (F) referans sistemi vardır ve ışık, kaynağının hızı (F)'ye göre ne olursa olsun boşlukta bu sisteme göre c hızıyla yayılır. Bu ilkeye *sabitlik ilkesi* adı verilir (İlke I). Einstein, buna ek olarak *görelilik ilkesini* de kabul etti (İlke II); görelilik ilkesi şu şekilde ifade edilebilir: Bir (F') taşıt sistemi,

(*F*)'ye göre bir doğru boyunca sabit *q* hızıyla hareket edebilir. Herhangi bir optik veya mekanik deneye, (*F'*)'ne göre verilen başlangıç koşullarıyla başlarız. Bu durumda, ilkemiz bize deneyin sonucunun *q*'ya bağlı olmadığını söyler; yani (*F'*)'ne göre başlangıç koşulları verilmişse, *F''*ne göre olacak olan hareket ve ışık yayılımı belirlenmiştir ve *q*'ya bağlı değildir.

Bu iki ilkeden, mantığa aykırı ve hatta kendiyle çelişen sonuçlar türetilebilir. (*F*) içerisinde hareketsiz bir kaynaktan yayılan bir ışık ışınını düşünelim. Bu ışığın (*F*)'ye göre bir *c* hızıyla yayıldığı açıktır; aynı kaynak (*F'*)'ne göre bir *q* hızına sahiptir. İlke I'e göre bu ışık ışınının yayılma hızı, kaynak (*F'*) içinde hareketsiz olduğunda sahip olacağı yayılma hızıyla aynıdır. Fakat bu durumda, İlke II'ye göre (görelilik), (*F'*)'ye göre yayılma hızı *c* olacaktır. Bu durumda, bir ve aynı ışık ışını, (*F'*)'nün (*F*)'ye göre *q* hızına sahip olmasına rağmen, hem (*F*) hem de (*F'*)'ne göre *c* hızıyla yayılır. Bunun anlamı İlke I ve II'den kendiyle çelişen bir sonuç türetilebildiğidir; yani, sabitlik ilkesi ve görelilik ilkesi birbirleriyle çelişir. Bu "çelişki" esasen mantıksal değildir; yalnızca İlke I ve II'ye fiziksel bir yorum (veya işlemsel tanımlar) ekler, fiziksel cisimlerin Newton mekaniğinin yasalarına uyduklarını ve ışık dalgalarının eter içerisinde yayıldıklarını varsayarsak ortaya çıkar. Kısaca, Einstein'ın ilkeleri (I ve II) ile geleneksel fizik yasalarından (mekanik ve optik) meydana gelen sistem kendi içinde çelişkilidir.

Einstein, en temelden, mekanik ve optiği de kapsayacak, yeni bir fizik yasaları sistemi kurdu; bu sistem elektromanyetik dünya görüşünü yeni ve daha sade bir biçimle veriyordu. Başlangıç noktası Maxwell'in elektromanyetik alan için diferansiyel eşitlikleri ve Lorentz'in elektronlar kuramı (elektrik yükleri) değil, sabitlik ve görelilik ilkeleriydi (I ve II). Einstein'ın yaptığı gibi, iki ilkenin de geçerli olduğunu varsa-

yarsak, ikisinin birbirleriyle uyumlu olması gerektiği açıktır. Durum böyle ise, geleneksel mekanik ve optik yasaları geçerli olamazlar. Dolayısıyla, Einstein'ın iki ilkesi geleneksel fizik yasalarında (mekanik ve optikte) değişikliğe gidilmesi gerektiğine işaret ederler. Einstein'ın ilkeleri, gözlemlenebilir hareket ile ışık yayılımı arasındaki etkileşimin yeni bir kuramına karşılık gelir. Bunun sonuçları daha ayrıntılı olarak bir sonraki kısımda verilecektir.

6. "Görelilik Kuramı" Fiziksel Bir Hipotezdir

Einstein'ın görelilik kuramını iyi anlamak için belki de en önemli nokta, bir fizik hipotezinden "Uzay ve Zaman'ın Göreliliği"nin nasıl türetilebileceğini tam olarak anlamaktır. Bu argümanı tüm yönleriyle anlarsak, "görelilik" teriminin şimdiki yanlış yorumları bizi yanıltamazlar. İlke I ve II arasındaki görünür çelişki kısaca şu şekilde ifade edilebilir: 5. Kısım'da yaptığımız gibi, temel referans sistemi olan (F)'ye göre q $(< c)$ hızıyla hareket eden bir (F') referans sistemini (bir taşıtı) ele alalım. Bir de (F') taşıtı içinde hareketsiz olan ve (F')'nün hareketiyle aynı doğrultuda bir ışık ışını yayan bir ışık kaynağı düşünelim. Bu durumda İlke I'e göre, yayılan ışığın (F)'ye göre hızı kaynağın (F) içerisinde hareketsiz olması durumunda sahip olacağı hızla aynıdır; bunun anlamı hızın c olmasıdır. Fakat İlke II'ye (göreliliğe) göre, (F') içerisindeki bir kaynaktan çıkan ışığın, (F')'ye göre olan c' hızı, kaynak ve taşıt (F) içerisinde hareketsizken sahip olacağı hızla aynıdır. Buna göre $c' = c$ olur. Bir ve aynı ışık ışınının (F) ve (F')'ye göre hızı, aynıdır. Diğer yandan, geleneksel mekaniğin en temel yasalarına göre $c' = c - q'$dur. Bunun $q \neq 0$ olmayan durumlarda $c' = c$ ile çelişeceği açıktır. Fakat bu durum, İlke I ve II'nin kendiyle çelişen bir sistem meydana getirdiklerini ispatlamaz; ispatladığı tek şey, İlke I, İlke II ve geleneksel

mekanik yasalarının bir araya gelirlerse, kendiyle çelişen bir sistem oluşturduklarıdır.

Bu "kendiyle çelişme"den çıkardığımız sonuçlar tamamen geleneksel mekaniği ne olarak ele aldığımıza dayanır: Formel bir belitler sistemi mi yoksa fiziksel ve deneysel bir bilim mi? Bu ayrım üzerine 3. Bölüm (Geometri) ve 4. Bölüm'de (Hareket Yasaları) ayrıntılı konuştuk. Newton'ın hareket yasalarını formel bir belitler sistemi olarak ele alırsak bu sistemden $c' = c - q$'yu çıkarabiliriz. Bu durumda, Einstein'ın iki ilkesiyle Newton mekaniğinin belitlerinin, bir araya geldiklerinde kendi içinde çelişen bir belitler sistemi meydana getirdiklerini ispatlamış oluruz. Eldeki durum, Öklidci Paraleller Belitini Lobatchevski'nin belitiyle değiştirmek, ama doğrusal bir üçgenin açıları toplamının üçgenin büyüklüğünden bağımsız ve iki dik açıya eşit olduğu teoremini sistemde tutmaya devam etmek gibidir. Öyle olursa, düzlem geometrisinin doğrular ve açılarla ilgili önermesi tabii ki kendiyle çelişen formel bir sistem oluşturur. Bu kendiyle çelişmeden kurtulmanın iki yolu vardır; biri saf formel matematiksel, diğeriyse fiziksel deneysel bir yoldur. Önce formel yolu ele alacak olursak, Öklid'in beliti yerine Lobtachevski'nin belitini içeren mantıksal açıdan tutarlı bir sistem elde etmek için, doğrular ve açılarla ilgili önermeleri nasıl değiştirmemiz gerektiğini bulabiliriz. Bunu gerçekleştirebilmek için, bir üçgenin açılarının toplamıyla ilgili geleneksel teoremleri, daha karmaşık olan, açılar toplamının üçgenin alanına bağlı olduğunu ve yalnızca çok küçük üçgenlerde iki dik açıya eşit olduğunu söyleyen teoremle değiştirmeliyiz. Böylelikle, fiziksel dünyaya dair önermelerimizde hiçbir şey değiştirmeden, yalnızca doğruların tanımlarını değiştirmiş oluruz.

Tabii ki Einstein'ın I. ve II. İlkeleriyle ilgili durumda da aynı yoldan ilerleyebiliriz. Bu defa $v' = v - q$'yu formel bir

belit veya F'ye göre olan v hızıyla (F')'ye göre olan v' hızını birbirine bağlayan bir tanım olarak düşünebiliriz. Eğer bu beliti yeni bir $v' = f(v, q, c)$ belitiyle değiştirirsek, $v = c$ için $v' = c$'yi elde edebileceğimizi gösterebiliriz. Yaygın olarak bilinen izafi toplama teoremi aslında şöyle bir formüldür: $v^1 = (v - q) / (1 - vq / c^2)$. Eğer $v = c$ ise, q'dan bağımsız olarak $v' = c$'ye ulaşacağımız bellidir; fakat her ne kadar bu kuram çoğunlukla böyle bir izlenimi bırakacak şekilde anlatılmış olsa da, Einstein'ın görelilik teorisinde ulaşmaya çalıştığı şey kesinlikle bu değildir.

Einstein'ın niyeti aslında İlke I ve II'nin terim "tanımları" olmaları değildi. İlkelerinin sözel ifadelerine işlemsel tanımlar eklemiş olması, teorisinin önemli noktalarından biriydi – özellikle de temel bir terim olan "bir referans sistemine göre hız"ın işlemsel tanımını eklemiş olması. Einstein bu şekilde İlke I ve II'yi fiziksel hipotezlere dönüştürmüş oldu. Bu durum 3. Bölüm'de "fiziksel geometri" dediğimiz geometri anlayışına karşılık gelir. Eğer Öklid'in "paraleller beliti"ni Lobatchevski'nin belitiyle değiştirirsek, fiziksel hipotezleri değiştirmiş oluruz. O zaman bir ışık ışınları üçgenindeki açıların toplamının üçgenin büyüklüğünden bağımsız olduğunu söyleyen fiziksel hipotez ile yeni hipotez (Lobatchevski'nin hipotezi) ters düşmüş olur. Optiğin ilkeleri arasındaki uyumu yeniden sağlamak için, açıların toplamıyla ilgili teoremi, üçgenin alanı büyüdükçe açılar toplamının iki dik açıdan daha da farklı olacağını söyleyen daha karmaşık teoremle değiştirmemiz gerekir. Bu demektir ki, Lobatchevski'nin belitinin fiziksel yorumuyla başlarsak, ışık ışınlarının davranışlarıyla ilgili fiziksel bir hipoteze ulaşırız. Bu hipotezin "geçerli" olduğunu söylemek, ışık ışınlarının geleneksel fiziğe göre yapmaları beklenenden çok farklı davrandıkları anlamına gelir. Bir üçgenin açıları toplamı gerçekten üçgenin büyüklüğüne

bağlıdır. Bu önerme ışık ışınlarıyla açıölçerler veya ışık ışınlarıyla mekanizmalar arasındaki etkileşimle ilgilidir.

Einstein'ın sonuçlarını incelerken İlke I ve II'ye "maddesel bir cismin hızı ve bir referans sistemine göre ışığın yayılımının hızı"nın işlemsel tanımlarını eklediğimiz zaman da tamamen aynı durumla karşı karşıya kalırız. *v* hızının işlemsel tanımı uzamda bir mesafe olan *s* ile zamanda bir mesafe olan *t*'nin işlemsel tanımlarına dayanır; çünkü $v = s / t$'dir. *s* ve *t*'nin işlemsel tanımları, saatler ve ölçüm çubukları gibi hassas aletler yapanlara yönelik teknik kılavuzlarda verilen standartlardır. Bu işlemsel tanımların (*F*) veya (*F'*) gibi özel bir referans sistemini kapsayıp kapsamadıklarını kendimize sormamız gerekir. Bir saat veya ölçüm çubuğunun (*F*)'ye göre hareket hızı olan *v*'nin, aletlerin gösterdikleri değerler üzerinde hiçbir etkisi olmadığını kabul edersek, *v* hızının ölçüm sonuçlarıyla alakası kalmaz. Fakat 4. Kısım'da öğrendiğimiz kadarıyla, H. A. Lorentz'in geliştirdiği elektronlar (temel elektrik yükleri) kuramına göre, hareket halindeki katı bir cisim hareket doğrultusunda kısalır. Tabii ki bu, hareket eden ölçüm çubuklarının başına da gelecektir. Uzamda, iki nokta arasındaki mesafe ölçüm çubuklarını uç uca birleştirerek tanımlandığından, ölçüm sonucu, ölçüm çubuğunun (*F*)'ye göre hareketsiz ya da *v* hızına sahip olmasına göre değişir. "(*F*)'ye göre uzamdaki mesafe", (*F*)'ye göre hareketsiz olan bir ölçüm çubuğunun kullanıldığı ölçümün sonucu anlamına gelirken, "(*F'*)'ye göre uzamdaki mesafe" (*F'*) içerisinde hareketsiz olan ve dolayısıyla (*F*)'ye göre *q* hızına sahip bir ölçüm çubuğuna gönderme yapar. "Zamanda mesafe" konusunda da tam olarak aynı tanım uygulanır. Larmor, elektronlar kuramından, etere göre *q* hızıyla hareket eden standart bir saatin, etere göre hareketsiz olan saatlerden geri kaldığı sonucuna ulaştı. "Bir (*F'*) sistemine göre zamandaki mesafe"nin işlemsel tanımına, (*F'*) içeri-

sinde hareketsiz olan ve dolayısıyla (*F*)'ye göre q hızına sahip bir saati dahil etmemiz gerekir.

Bu işlemsel tanımları İlke I ve II'ye (sabitlik ve görelilik) eklersek, aralarındaki tezatlık ortadan kalkar. Bu tezatlık, İlke I'den $T_p > T_n$ sonucu çıkarken İlke II'nin (görelilik) $T_p = T_n$ sonucunu vermesinden meydana geliyordu. Yukarıda bahsedilen işlemsel tanımları İlke I ve II'ye eklersek, İlke I'den türetilen ilişki (*F*)'ye göre zamandaki mesafeyle ilgili olurken, görelilik ilkesi (II), (*F'*) araç sistemine göre zamandaki mesafeden bahseder. $T_p = T_n$ ilişkisi (*F'*)'ye göre olan zamandan bahseder; oysaki $T_p > T_n$ ilişkisi temel sistem olan (*F*)'ye göre zamandan bahsediyordu. (*F*) ve (*F'*)'ye göre zamandaki mesafeleri sırasıyla *T* ve *T'* ile ifade edersek, elimizdeki ilişkiler $T_p > T_n$ ve $T_p' = T_n'$ olur ki bunlar birbirleriyle zıtlık içinde değillerdir. Einstein'ın temel hipotezi İlke I ve II'nin ikisinin de geçerli olmasıydı. Bu varsayım ışığında *T* ve *T'*'nün birbirinden farklı olması gerekir; başka bir şekilde ifade edersek, iki olay arasındaki zamandaki mesafe onu ölçen saatin hızına bağlıdır. Bir işlem (*F*)'deki bir *P* noktasında gerçekleşiyor ve (*F*)'deki bir saate göre bir dakikalık bir süre alıyorsa, (*F'*) içerisinde hareketsiz olan ve (*F*)'e göre q hızıyla hareket eden bir saat kullanıldığında bir dakikadan daha az zaman alacaktır. Daha açık ifade edersek, aynı işlemin aldığı süreler, (*F*)'ye ve (*F'*)'ye göre ölçüldüğünde, $1/\sqrt{1 - q^2/c^2}$ ilişkisi içerisindedirler (3. ve 4. Kısımlar). Hareket eden ölçüm çubuklarıyla ilgili de buna çok benzer bir akıl yürütme yapılabilir. (*F'*)'ye göre hareketsiz olan *A* ve *B* diye iki noktayı ele alırsak, *AB* mesafesi kullanılan ölçüm çubuğunun (*F*) içerisinde mi yoksa (*F'*) içerisinde mi hareketsiz olduğuna veya (*F*)'ye göre q hızına sahip olup olmadığına göre değişecektir. Bu *AB* mesafesinin ölçüm sonuçlarını, ölçüm çubuğu (*F*) içerisinde hareketsizse *L* ile, (*F'*) içerisinde hareketsizse *L'* ile gösteririz. Ve böyle-

ce, İlke I ve II'nin eşzamanlı geçerliliğine dayanarak, *L*''nün *L*'den daha küçük olduğunu buluruz. Daha kesin konuşursak: $L' = L\sqrt{1 - q^2/c^2}$.

Görelilik ilkesinden, hareket eden bir saatin geri kalmasının yalnızca zemberekli veya sarkaçlı saatler için geçerli olmadığı sonucunu da çıkarabiliriz. Ne türden bir saat mekanizması kullanılırsa kullanılsın –bu bir elektronun titreşimi veya insanın kalp atışları olabilir– aynı durum ortaya çıkar. Einstein'ın, görelilik kuramı adı verilen teorisinin bu şekildeki ifadesinden, kuramın ışık ışınları, katı cisimler ve mekanizmaların davranışlarıyla ilgili bir hipotezler sistemi olduğunu ve bu davranışlarla ilgili yeni sonuçları mantıksal olarak türetmeye imkân verdiğini öğreniriz. Sık sık duyduğumuz gibi, maddenin elektromanyetik kuramının Michelson deneyinin olumsuz sonucunu "açıklayan" "fiziksel bir teori" olduğunu, Einstein'ın görelilik kuramının ise bunu açıklamayıp, sadece uzay ve zamanın yeni bir tanımıyla tarif ettiğini söylemek oldukça yanıltıcıdır. Yeni tanımlardan, katı cisimlerin ve ışık ışınlarının davranışlarıyla ilgili yeni olgular türetmenin mümkün olmuş olamayacağı herkese makul görünebilir. Fakat, aslında Einstein'ın iki ilkesi (sabitlik ve görelilik) bu davranışla ilgili hipotezlerdir ve bunlardan katı cisimler ile ışık ışınlarıyla ilgili teoremlerin türetilebileceği açıktır. Einstein'ın kuramı, Maxwell ve Lorentz'in elektromanyetik alanla ilgili kuramlarıyla tam olarak aynı şekilde, fiziksel olgulara dair hipotezlerden başlar; fakat Einstein'ın İlke I ve II'sinde varsayılan olgular, Maxwell'in elektromanyetik alan eşitliklerinde ifade edilenlerden çok daha genel türden olgulardır. Bunun yanında, terimlerin işlemsel tanımlarını işe dahil etmekle, iki teori türünün de gözlemlenebilir olgularla ilgili hipotezlere dönüştüklerinin farkında olmamız gerekir.

7. Uzay ve Zamanın Göreliliği

Çağdaş fiziğin yorumlanmasında daha çok şöyle ifadeler üzerinde durulmuştur: "İki olay arası zamandaki mesafenin mutlak bir değeri yoktur (örn. bir saniye); fakat miktarı her durumda belirli bir referans sistemine göre tanımlanır." "Bu masanın, kullanılan ölçüm çubuğunun dünya üzerinde mi yoksa ay üzerinde mi hareketsiz olduğuna göre değişen, dünyaya göre belirli bir uzunluğu ve aya göre başka bir uzunluğu vardır." Filozoflar bu önermeleri sık sık görelilik kuramına göre masanın "nesnel bir uzunluğu" olmadığını, yalnızca gözlemciye göre "öznel bir uzunluğu" olduğunu söyleyerek yorumlamışlardır; fakat bu yerinde bir yorum değildir. "Zamanda mesafe" teriminin işlemsel tanımında biraz daha derine inerek daha iyi bir yorum yapabiliriz.

Mesela, bir ders "bir saat sürer" önermesiyle başlayalım. Bunun anlamı ders sürerken duvardaki saatin akrebinin belirli bir açı (30°) kadar hareket etmiş olduğudur. Saatin kendisi, saat imalatçılarının kullandığı teknik standartlarla tanımlanmıştır. Süre tabii ki tek bir saatle tanımlanmamıştır; tek bir ölçüm aletine dayanan bir saatlik bir sürenin tanımını vermek anlamsızdır. "Süre" farklı türden saatlerle ölçülebilmelidir; örn. cep saatleri ve sarkaçlı saatler, hatta insanın kalp atışıyla bile. "Süre"nin işlemsel bir tanımı, yalnızca tüm bu saat türleri özdeş değerler veriyorsa uygulamada kullanılabilir. Süreye dair psikolojik kestirim dahi yaklaşık olarak hemfikir olmalıdır. Süre, tek tek öğrenciler ve öğretmenler tarafından veya kilise kulelerindeki saatlerle ya da dinleyicilerin beklentilerine göre farklı ölçülüyor olsaydı, tanımın insanların birlikte iş yapması açısından hiçbir değeri olmazdı. Farklı ölçüm biçimlerinin aynı fikirde oluşu belirli fiziksel yasaların geçerliliğine dayanır. Bir sarkaç belirli sayıda sallanma gerçekleştirir; bir zemberek belirli bir açıyla açılır; bir kaptan belirli bir hacim

kadar su taşar; insanın kalbi belirli bir sayıda çarpar ve bir dinleyici topluluğu belirli bir derece yorulur.

Belirli bir işlemsel tanımın "pratik" olup olmadığı konusunda bir hükme varabilmek için gerçekleşen işlemlerin fiziksel kanunlarını bilmemiz gerekir. Bu bağlamda, yeni fiziksel yasaların keşfi bizi her seferinde işlemsel tanımlarımızı değiştirmeye zorlar; çünkü böyle tanımlar ancak yasaları sade bir şekilde ifade etmemize imkân tanıdıklarında pratiktirler. Bunun basit bir örneği, katı bir cismin uzunluğunun sıcaklıkla arttığını söyleyen kanunun keşfidir. Bu kanunu bilmeden önce birim zamanı bir metre uzunluğundaki bir sarkacın periyoduyla tanımlayabilirdik. Bunun anlamı sarkaç kolunun, uçlarının doğrudan çakışması yoluyla Paris'teki standart metreyle aynı uzunlukta olduğunun bulunmuş olduğudur; fakat bu tanım sıcaklığın etkisinden dolayı birim zamanın zemberekli saatler veya insanın kalp atışıyla tanımlanmasıyla ters düşer. Yüksek sıcaklıklarda birim zamana çok daha fazla kalp atışı düşebilir, çünkü kolun uzamasıyla sarkacın periyodu da uzar. Zaman tanımının açıklığını yeniden sağlayabilmek için, birim zamanın tanımında şu şekilde değişiklik yapmamız gerekir: Birim zaman, suyun donma noktasında Paris metre standardıyla örtüşebilen bir sarkacın periyodudur. Böyle bir ölçüm aleti kullanarak belirli bir dersin kaç adet zaman birimi kadar süreceğini herhangi bir belirsizliğe yer bırakmadan saptayabiliriz. Tanımdaki "donma noktası"nı "kaynama noktası" ile değiştirirsek aynı ders farklı sayıda birim zaman alacaktır. İlk durumda ders 3000 birim zaman alabilir; ikinci durumda ise 3100 birim zaman alabilir. Bu örnekte işlemsel tanımların bilinen fiziksel kanunlara göre ayarlanması gerektiğini görürüz. Ne kadar çok kanun bilinirse, tanımlar o kadar karmaşık hale gelmelidir. Zamanı, herhangi bir şartnamesi olmayan zaman birimleriyle ölçmektense, şimdi, belirli

bir sıcaklığa göre olan zaman birimleriyle ölçüm yapmak zorundayız.

Görelilik kuramından bir ölçüm çubuğunun uzunluğu ve bir saatin çabukluğunun, bu ölçüm aletlerinin hızına bağlı olduğu sonucuna vardığımız zaman ortaya oldukça benzer bir durum çıkmıştı. Bu durumda, "bu dersin süresi bir saattir" gibi bir önermenin anlamı belirsizleşir. Tek söylediği, ders sırasında bir saatin kolunun 30° derece döndüğüdür; önermeyi belirsizlikten kurtarmak için, kullanılan saatin (*F*)'ye göre hareketsiz mi yoksa (*F*)'ye göre belirli bir *q* hızına mı sahip olduğunu belirtmemiz gerekir. Eğer saat *F'* taşıtına göre hareketsizse ([*F*]'ye göre *q* hızıyla hareket ediyorsa), ölçümümüzün sonucunu kısaca şöyle diyerek ifade ederiz: "Bu dersin süresi (*F'*) sistemine göre bir saattir." "(*F'*)'ne göre"nin eklenmesi, bir ölçüm kolunun Paris'teki standart metreyle örtüştüğü sıcaklığın eklenmesinde olduğu gibi, ölçüm yönteminin ayrıntılı hale getirilmesi anlamına gelir. Aynı şekilde, "Bu masa bir fitlik bir uzunluğa sahiptir" gibi bir önerme, "bir *F'* taşıtına göre"nin eklenmesiyle ayrıntılı hale getirilerek anlam belirsizliği önlenmelidir. Bu ilavenin anlamı, fiziksel olgular veya fiziksel yasalara dair bilgimiz zenginleştikçe, yeni yasaları sade ve uygulanabilir bir yoldan ifade edebilmek için işlemsel tanımlarımızın gittikçe daha karmaşık hale gelmek zorunda kalacağıdır.

Bu gidişat çoğunlukla şu şekilde tarif edilmiştir: "Mutlak uzunluk" artık anlamsız bir ifadedir ve yalnızca, fiziksel yasaların oluşturulmasında faydalı olduğundan, "göreceli uzunluk"un bir anlamı vardır. Az önce tarif ettiğimiz biçimde, yani fiziksel olgular ve yasalar alanındaki bilgimizin ilerlemesinin sonucunda, anlambilimdeki zorunlu bir ilerleme olarak anlaşıldıkları sürece bu ifadeleri kullanmakta hiçbir sakınca yoktur. Fakat bu ifadeden, "bilim için" fiziksel bir

nesnenin "gerçek uzunluğu"nu bulmanın "imkânsız olduğu" ve gerçek uzunluğu aramanın "metafizik" veya "doğa felsefesi" alanına ait olduğu anlamı çıkarılamaz.[15] Görelilik kuramında tanımlanan uzunluk, Newtoncı mekanikte tanımlanan uzunluk kadar gerçektir. İki durumda da "uzunluk" anlamı belirsiz olmayan bir işlemsel tanımla ifade edilir; ama izafi mekanik Newtoncı mekanikten daha karmaşık olduğundan, "uzunluk" veya "süre"nin de tanımları daha karmaşıktır. Bir "uzunluk" tanımı fiziksel yasaların oluşturulmasında faydalı ise "gerçek bir uzunluk" tanımlamaktadır.

Tabii ki "mutlak bir uzunluk" tanımlayıp, bu kavramı görelilik kuramının verdiği fiziksel yasaları oluşturmakta kullanabilir miyiz diye de sorulabilir. Bu, özellikle, zaman ve uzay ölçümlerinin ölçüm aletlerinin hızına bağlı oluşuyla ilgili yasalara işaret eder. Mesela galaksimize göre olan uzunluğa fiziksel bir nesnenin "gerçek uzunluğu" veya "mutlak uzunluğu" diyebilir ve bunun haricindeki her türlü referans sistemine göre olan uzunluğa "görünen uzunluk" veya "göreceli uzunluk" diyebiliriz. Ancak durum böyle olunca görelilik ilkesini Einstein'ın ulaştığı sade şekliyle ifade edemeyiz: "Fiziğin yasaları bütün (F') taşıtlarına göre aynı şekle ve bunun yanında (F'')'ne göre düzgün doğrusal q hızına sahiptirler." Eğer hız derken kastettiğimiz galaksimize göre hız ise, göreliliği böyle kısa ve öz bir şekilde ifade edemeyiz.

Uzay ve zamanın "göreceli hale getirilmesi", esasında bilim insanının asıl ihtiyaçlarına daha iyi uyum sağlamış yeni işlemsel tanımların yürürlüğe konmasında yatar. Uzay ve zamanın "göreceli hale getirilmesi" anlambilimdeki bir gelişmedir; yaygın olarak ileri sürülenin aksine metafizik veya varlıkbilim alanında bir gelişme değildir. Başlangıç noktamız işlemsel bir "uzunluk" tanımı değilse, "Gerçek bir uzunluk yoktur" diyemeyiz. Çeşitli "uzunluk" tanımlarını karşılaş-

tıracak olursak, bunların "gerçek" uzunluk anlayışını yakalayıp yakalayamadıkları konusunda yargıda bulunamayız; onları yalnızca bilinen doğa kanunlarının ifade edilmesine ve yeni yasalar için yapılan araştırmalara faydalı olup olmadıklarına göre değerlendirebiliriz. Görelilik kuramına göre "hiçbir gerçek uzunluk olmadığını" söylemek kafa karıştırıcıdır; çünkü bu önerme, "gerçek uzunluk" veya "mutlak uzunluk" kavramının genel fizik yasalarını sade ve pratik bir yoldan ifade etmeye bir katkısı olmadığı şeklinde anlaşılmadığı sürece hiçbir işlemsel anlama sahip olamaz. Bu iddialar "mutlak zaman" veya "mutlak hız" gibi ifadeler için de geçerlidirler.

Dikkatimizi yalnızca dar anlamda fiziksel olgular alemine (örn. gezegenlerin hareketlerine) vermeyip dünyanın genel bir resmini arar ve buna insan davranışı görüngülerini de temsil edilecek olgular olarak dahil edersek, bu türden ifadelerin faydalı oluşuyla ilgili yargımız büyük ölçüde değişebilir. Kopernik'in geliştirdiği sistemin Batlamyusçu olana oranla gezegenlerin matematiksel açıdan daha basit bir resmini verdiği herkesçe kabul edilmişti. Öte yandan Kopernikçi sistemi genel kabul gören (Aristotelesçi) felsefeyle bağdaşır hale getirmenin yer merkezli sistemdekinden çok daha karmaşık olduğu ortadaydı. Bu çok ciddi bir zorluktu; çünkü insanlar Aristotelesçi ve Thomistik felsefelerin dini ve ahlaki kanunları oluşturmak için zorunlu olduklarını düşünüyorlardı. Dünya görüşünün bilim ile desteklendiğine inanmak, inananların kendilerini daha güvende hissetmelerini sağlıyordu. Güvenlik hissi yaratmanın, fiziksel yasaların daha sade ve faydalı ifadelerini sağlamaktan daha önemli mi yoksa daha önemsiz mi olduğu, dar anlamda bilimin sınırları içinde cevaplanabilecek bir soru değildir; sorunun cevabı matematiksel veya fiziksel meseleler alanının dışında kalır. Bu kararı vermenin tek yolu insan eylemlerinin çeşitli dalları arasındaki etkileşim

üzerine araştırmalar yapmaktır. Mesela, bilim üreticisi olarak insan ile politik ve dini öğretilere inanan olarak insan arasındaki ilişki araştırılmalıdır. Bu demek oluyor ki, "mutlak hareket" gibi ifadelerin yararlı oluşuna dair yargılar tek başına fizikle üretilemezler ve psikoloji veya sosyoloji gibi "insan bilimleri"nden çıkarılan sonuçlara dayanmak zorundadırlar.

8. Maddenin "Yok Olması" ve "Yaratılması"

"Uzay ve zamanın göreliliği" üzerine olan öğretilerin dışında, görelilik kuramının içindeki hiçbir şeyin "hakiki felsefe"-de maddenin yok olabileceği veya üretilebileceği iddiaları kadar yan etkisi olmamıştı. Maddeci bilimin geleneksel dine karşı kavgasının asıl hedefinin "Tanrı'nın başlangıçta maddeyi yoktan yaratmış" olduğunu söyleyen öğreti olduğunu unutmamamız gerekir. Bu felsefi çatışmanın tartışmalarına girmeden, fiziksel görelilik kuramına göre maddenin yok olabileceği veya "yokluk"tan doğabileceğini ne bağlamda söyleyebileceğimizi anlamaya çabalamalıyız.

4. Bölüm'de Newton'ın mekaniğinde "madde miktarı"nın bir cismin kütlesiyle ölçüldüğünü öğrendik. Her bir maddesel cisme sabit bir değer olan kütlesinin, belirli bir ölçüm yoluyla atfedilebileceğini de öğrendik. Ayrıca, bu atfın yalnızca Newton'ın yasaları geçerli olduğunda tek anlamlı olduğunu, aksi bir durumda, geleneksel tanımlar bağlamında bir cismin kütlesinin, sabit bir sayı olmadığını öğrendik. Görelilik kuramı ile Newton'ın yasalarının evrensel geçerlilikte olduklarını varsayımının bir arada bulunamayacağını kolayca görebiliriz; özellikle de bu yasaların bütün hızlar için geçerli oldukları varsayımının. Çok fazla ayrıntıya girmeden, Newton'ın hareket yasalarının aksine, maddesel bir cismin ışık hızına eşit olacak veya onu geçecek kadar hızlanamayacağını göstermeye çalışmalıyız. Bu 4. Kısım'da gösterilenlerden kolayca çıkarılabilir.

Görelilik kuramından, yani İlke I ve II'nin eşzamanlı olarak geçerli olmasından, bu ilkelerin yalnızca hareket halindeki bir saat, hareketsiz bir saatten $1/\sqrt{1-q^2/c^2}$ oranında geri kalıyorsa birbirleriyle uyumlu olacağı sonucunun çıkacağını öğrendik – burada q hareket halindeki saatin hızı, c ise ışık hızıydı. Fakat q, ışık hızı olan c'yi geçecek olursa, $q/c>1$ demek zorunda kalırız ve $\sqrt{1-q^2/c^2}$ de bir sanal sayıya dönüşür. İlke I ve II'yi eşzamanlı olarak geçerli yapacak bir saatin atışında herhangi bir değişim bulmak mümkün olmayacaktır. Dolayısıyla, bu ilkelerin geçerli olduklarını varsayarsak, maddesel bir cismin (F)'ye göre ışık hızına kadar hızlanabileceği ihtimalini hariç tutmuş oluruz. Bu ise Newton'ın yasalarıyla bariz bir çelişki içinde olacaktır. Sabit bir f kuvveti v hızına sahip bir m kütlesi üzerine etki ediyorsa, "hareket miktarı" (mv) her bir birim zamanda bir $\Delta\,(mv)$ miktarı kadar artar ve $\Delta\,(mv)/t=f$ olur. Eğer t yeterince büyükse, her türlü $\Delta v=ft/m$ hız artışına ulaşılabilir. Bu şekilde maddesel bir cisme herhangi bir hızı kazandırabilir ve tabii ki ışık hızından daha yüksek hızlara erişmesi sağlanabilir. Bu durum, sabitlik ve görelilik ilkelerinin geçerli oluşundan, Newton'ın hareket yasalarının evrensel geçerliliği olamayacağı sonucunu çıkarabileceğimiz anlamına gelir. Işık hızıyla karşılaştırılabilir düzeyde bir hıza sahip olan bir cisim için geçerli olamazlar; başka bir ifadeyle, yalnızca küçük hızlar için geçerli olabilirler ve burada "küçük", "ışık hızına göre küçük" anlamında kullanılır.

Newton mekaniğindeki kütle (madde miktarı) tanımı, Newton'ın yasalarının geçerli olmasına dayanır. Aynı koşullar altındaki iki cismin ivmelerinin oranı, yalnızca bu şartla sabit olur. Bu iki cisimden birinin kütlesi birim kütle olursa, bu oran "kütle"nin "işlemsel tanımı"dır; fakat bu oran cismin gerçek hızına bağlıysa, ivmelerin oranına eşit olma özelliğine sahip sabit bir m yoktur. Demek ki, Newtoncı kütle tanımının

doğada bir karşılığı yoktur. Fiziksel görüngülerin tarifindeki bir terim olarak hiçbir faydası kalmaz. Bir cismin kütlesinin, cismin hızının bir fonksiyonu olduğunun görelilik kuramı tarafından "ispatlanmış" olduğu birçok kez öne sürülmüştür. Bu şeklide konuşmak az da olsa insanları yanlış yönlendirmiştir ve genellikle görelilik kuramına yöneltilen olumsuz eleştirilerin temeli olmuştur. Durumu doğru bir şekilde tarif etmek aşağı yukarı şöyle olur: Newtoncı mekaniğin kullandığı kütlenin işlemsel tanımı artık kullanışlı değildir ve ondan vazgeçilmesi gerekir. Fiziksel bilimin devamlılığını sağlayabilmek için yine "kütle" diye bir terim kullanırız ama bu terim Newtoncı mekanikteki kütle tanımıyla özdeş olamayacak bir işlemsel tanımla ifade edilir.

Newton'ın mekaniğinin bir cismin "küçük" hızları için geçerli olduğu varsayıldığından, geleneksel kütle tanımını kullanmaya devam edebiliriz ama tanımı "küçük" (ışık hızıyla karşılaştırıldığında küçük) hızlara sınırlamamız gerekir. O zaman kütle yeniden sabit olur ve kuvvete $m = f/a$ veya $ma = f$ ilişkisiyle bağlanır. Gerçek hızın kaybolmakta olduğunu veya çok küçük olduğunu varsayarak, yeni anlayıştaki kütleyi, bir cismin hız değişimi karşısında direnmesi olarak düşünebiliriz; kütle, hareketsizlikten hızlanmaya geçişe karşı dirençtir ve "hareketsizlik-kütlesi" (m_0) diye adlandırılır. Fakat bu hareketsizlik-kütlesi, hız artıp ışık hızıyla karşılaştırılabilir düzeye geldiğinde artık $ma = f$ özelliğine sahip değildir. Yüksek hızlar için f/m oranının düşmesi gerektiğini ve bunun m_0'ın sabitliğiyle bağdaşmadığını biliyoruz. "Kütle"nin, Newton'ın mekaniğinde olduğu gibi, ivmenin bir oranı olma özelliğine sahip olmasını istiyorsak (4. Bölüm, 7. Kısım), sabitlik özelliğinden vazgeçmeli ve "kütle"nin hız ile arttığını varsaymalıyız.

Görelilik kuramının sonuçlarını incelerken birazcık daha ileri gidersek, kısa süre sonra, kuvvet gerçek hıza dikken olan

f/a oranının, kuvvet gerçek hızla aynı doğrultuda olduğu zaman olan oranla aynı olmadığını görürüz. Hangi orana "kütle" adını vermek gerekir? Newton, mv (kütle çarpı zaman) ile tanımlanan "hareket miktarı" veya "momentum" kavramını ileri sürdüğü zaman, bir sistemdeki tüm momentumların toplamının ($\sum mv$), sisteme hiçbir dış kuvvet etki etmediğinde sabit kaldığı sonucuna yasaları aracılığıyla varabiliyordu. Bu yasanın (momentumun korunumu yasası) rolünün büyük olmasından dolayı, f/a oranına f'nin gerçek hıza dik olduğu durumda "kütle" adının verilmesine karar verildi; çünkü bu "m" kütlesinin tanımı, hiçbir dış kuvvet etki etmediği sürece tüm mv'nin toplamının ($\sum mv$'nin) bir sistemdeki her türlü etkileşim altında korunması gerektiği tanımıyla özdeştir. Bu şekilde tanımlanan m kütlesine "göreceli kütle" denir. Bu kütle, hızın artmasıyla artar ve hareketsizlik kütlesi olan m_0 ile ışık hızı olan c'den $m = m_0/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ formülüyle hesaplanır. Eğer v çok büyük değilse $m = m_0 + K/c^2$ olur ve burada K, parçacığın $m_0v^2/2$'si yani kinetik enerjisidir.

Bu sonuçlara Einstein'ın kuramını geliştirmesinden bile önce, 1900 civarında Sir J. J. Thomson,[16] H. A. Lorentz[17] ve M. Abraham[18] tarafından, maddenin elektromanyetik kuramından ulaşılmıştı. Ancak bu dönemde, Newton mekaniği o kadar kanıksanmıştı ki, sabit olmayan bir kütleden bahsetmek anlamsız veya fiziksel dünyayla ilgili konuşurken kullandığımız dilde derinlemesine yer etmiş bir tabirin yok sayılması gibi görünüyordu. v hızına dayanan bir kütleye "görünen kütle" adı verilmişti; buna karşılık "gerçek kütle" hareketsizlik-kütlesi ile özdeşleştirilmişti. Newtoncı "madde miktarı"-nın "yasal varisi"nin bunlardan hangisi olduğu sorusuna bir cevap verilemez. "Hareketsizlik-kütlesi"ne "sabitlik" özelliği miras kalırken, f/a ile tanımlanan "göreceli kütle"ye de kuvvetin ivmeye oranı olma özelliği miras kalmıştır. Dolayısıyla,

hangisinin Newtoncı kütlenin "yasal varisi" olarak ilan edilmesi gerektiği sorusunun cevabına yalnızca uygunluk, sadelik ve benzeri değerlendirme türleri bağlamında karar verilebilir.

Hareketsizlik-kütlesinin nükleer süreçlerde ortaya çıkan enerjiye dönüşmesi konusunun, çok fazla dikkatin merkezi haline gelmesiyle, "göreceli kütle" olan $m = m_0 + K/c^2$'ye geleneksel kütle denilmesinin sebepleri daha da kuvvetli hale gelmiştir. Bir uranyum atomunun fisyonu gibi görüngüleri düşünürsek, uranyum çekirdeğinin parçalara ayrılmasında hareketsizlik-kütlelerinin mi yoksa "göreceli kütleler"in mi korunduğu sorusunu sorabiliriz. Bugün, sadece görelilik kuramının bir sonucu olduğundan değil, aynı zamanda doğrudan ölçümlerce verildiği için çok iyi biliyoruz ki, uranyum çekirdeğinin parçalarının hareketsizlik-kütleleri toplamı asıl uranyum çekirdeğininkinden küçüktür. Fisyon işlemi sırasında korunanın $\sum m_0$ değil, $\sum m = m_0 + 1/c^2 \sum K_0$ olduğunu gösterebiliriz. Bu demektir ki, eğer $\sum K_0$ artarsa, $\sum m_0$'nun azalması gerekmektedir. Aslında gerçekleşen şudur: Parçacıklarda, fisyon ile yükselmiş bir kinetik enerji üretilir ve bundan dolayı hareketsizlik-kütlesinde küçük bir kayıp yaşanır. Hareketsizlik-kütlelerinin toplamı ($\sum m_0$) dahili bir tepkimede korunmaz. Sonuç olarak "hareketsizlik-kütlesi" geleneksel mekaniğin "kütle"ye atfettiği temel özelliğe sahip değildir; "hareketsizlik-kütlesi" "kütle" ile özdeşleştirilecek olursa, temel "kütle korunumu" yasası geçersiz olur. Bu defa da bu kanundan vazgeçmek ile "kütle"nin "hareketsizlik-kütlesi" ile özdeşleştirilmesinden vazgeçmek arasında seçim yapmamız gerekir. İkinci seçenek ilkine göre daha çok sayıda Newtoncı fizik teoremini değiştirmeden korur. Bu düşüncelerin bize gösterdiği kadarıyla, "kütle"yi eski Newtoncı kütlenin mümkün olduğunca çok sayıda özelliğini taşıyan bir nesne olarak ele almak, "kütle sabit değildir" veya "kütle yok olabilir" gibi önermelerin öne sürülebilmesinin temellendirilmesinin tek mümkün yoludur.

6. BÖLÜM

DÖRT BOYUTLU VE GAYRİ-ÖKLİDYEN GEOMETRİ

1. Öklidci Geometrinin Sınırlamaları

Einstein'ın iki ilkesinden[1] (sabitlik ve görelilik), yüksek hızla hareket eden katı bir cisimde ortaya çıkan görüngülere dair sonuçlara ulaşabileceğimizi gördük. Bu iki ilkenin bağdaştığını varsayacak olursak, bundan başka, *F*'ye göre belirli bir doğrultuda v hızıyla hareket eden katı bir cismin, hareket doğrultusunda kısalacağını ama cismin hareket doğrultusuna dik olan enine kesitinde bir değişiklik olmayacağını da varsaymamız gerekir.

Einstein teorisini geliştirdikten çok kısa süre sonra, bu sonuçların, önceden doğruluğuna kesin gözüyle bakılan katı bir cismin özellikleriyle anlaşmazlık içinde olduğu gösterildi. Bunu göstermenin yolu, kendisine dik ve merkezini delen bir eksen çevresinde, sabit açısal hız ω ile dönen katı bir diski düşünmektir. Diskin yarıçapı r ise, çevresinin her noktası $v = r\omega$ hızıyla hareket eder. Diskin, ucu ile r'den biraz daha küçük olan r' yarıçaplı bir daire arasında kalan kısmını ele alalım. Bu kısım dairesel bir halka şeklindedir. Şimdi de bu halkanın neredeyse doğrusal denilebilecek kadar kısa bir parçasını düşü-

nelim. Devir sırasındaki hareket, küçük bir zaman diliminde, yaklaşık olarak bir kolun doğrusal hareketidir. 5. Bölüm'ün, 6. ve 7. Kısımlarına göre bu kol $\sqrt{1 - v^2/c^2}/1$ oranında kısalır ve burada $v = \omega r$'dir. Bu durumda, bu dairenin çevresinin bütünü de yine bu oranda kısalır.

Bundan başka diskin bir yarıçapının (mesela, bisiklet tekerinin bir telinin) çevresindeki ince bir şeritten meydana gelen kısmını düşünmemiz gerekir. Diskin devri sırasında bu şerit, uzunluğuna dik bir doğrultuda hareket eden bir kol gibi davranır; bundan dolayı uzunluk devirden etkilenmez. İncelediğimiz durumda r yarıçaplı bir dairenin çevresi olan P hareketle kısalırken, yarıçapın kendisi etkilenmez. r ne kadar büyürse, P/r oranı o kadar küçülür. Çok küçük yarıçaplar için, $v = r\omega$ c ile karşılaştırıldığında küçük kalır ve kısalma görmezden gelinebilir. Bu demektir ki küçük r'ler için, P/r oranı 2π değerine sahiptir ($\pi = 3{,}14159$). Öklid geometrisinde P/r oranı mümkün olan tüm r'ler için bu değere sahiptir. Bundan dolayı, eğer uzunluğu Öklidci geometride yapıldığı gibi katı ölçüm kollarını yan yana koyarak tanımlarsak, geleneksel geometride "katı" diye tarif ettiğimiz bir maddeden yapılmış ve dönmekte olan bir cisim, Öklidci geometri yasalarına uymaz.

Bu düşünceler, Einstein 1905'te görelilik kuramını ileri sürdükten kısa süre sonra geliştirildi. Düzlem geometrisiyle bağdaşmadığı için, görelilik kuramının anlamsız olduğu sonucuna varıldı ama Einstein dönmekte olan katı bir cisimde Öklidci geometrinin geçerli olmadığı sonucuna varılması gerektiğini iddia ediyordu. Başka bir ifadeyle, eğer katı bir cismi Öklidci geometriye uyma özelliği üzerinden tanımlarsak, eylemsiz bir sisteme göre dönmekte olan hiçbir "katı cisim" yoktur. Katı cisim kavramında, "kütle" kavramında olana benzer bir durumla karşı karşıya kalırız. Geleneksel fizik ve

geometride bir "katı cisim"e atfedilen bütün özelliklere sahip olan hiçbir cisim yoktur. Öklidyen geometrinin belitlerine "doğru"nun işlemsel bir tanımını eklersek, belitler fiziksel önermeler halini alırlar. Bir doğrunun işlemsel tanımı olarak, "katı bir küpün kenarı"nı seçebiliriz; burada bahsi geçen küpün üretilmesi teknolojik kurallara bağlıdır. Bu durumda geometrinin belitleri ve teoremleri, katı cisimlerin davranışlarıyla ilgili önermelerdir. Fakat üretimin teknolojik kurallarını dikkate almazsak, geometri belitleri bir "katı cisim"in tanımları olarak düşünülebilirler. O zaman, geleneksel fizik ve geometriye göre, bu tanımlar çerçevesinde "katı cisim" olan deneysel cisimler vardır. Ancak bu Kısmın başındaki argümanımıza göre, dönmekte olan bir disk bu yasalara uymaz ve katı bir cisim olarak düşünülemez. Bu ayrıca, katı bir cismin her koşul altında –hareketsizken veya dönmekteyken– katı olması gerektiğini söyleyen eski tanıma uyacak hiçbir katı cisim olmadığı anlamına da gelir. Bir cismin her koşul altında katı olabilmesi için, her koşul altında Öklidyen belitlere uyması gerekir.

Görelilik kuramının geçerli olduğunu[2] varsayarsak, eski anlamdaki katı bir cisim, yalnızca çok özel koşullar altında var olabilir; özellikle de bir cisim ancak temel sisteme göre hareketsizse katı olabilir. Şimdi ise katı bir cismin yeni bir tanımını yapabiliriz; bu tanım cismin hareketsiz olduğu durumda eski tanımla özdeş olur, dönmekte olan bir cisim içinse Öklidyen belitlerin yerini gayri-Öklidyen geometrinin belitleri alır. Dönen cismin farklı parçalarında, Öklidyen geometriden farklı ayrılmalar olur. Dönme ekseninin yakınında, bu ayrılık küçük olur ama eksenden uzakta ciddiye alınacak boyutlara ulaşabilir. Bu durumda, kendimizi yeniden "uzunluk" ve "kütle" konularında karşılaştığımız durumun içinde buluruz. Öklidyen belitler ile görelilik kuramının hareket ka-

nunları birbirleriyle bağdaşmaz. Dolayısıyla şöyle bir seçeneğimiz vardır: Ya katı cisimlerin dönmekte olan cisimleri kapsamayan eski tanımına bağlı kalırız ya da dönen cisimlerin davranışlarından başlarız ve katı cisimlerin davranışları için yeni kurallar koyarız; yani gayri-Öklidyen geometriyi kullanmaya başlarız.

Yine de hangi tanımın "gerçekten katı" bir cismin tanımı olduğunu sorabiliriz. Şöyle diyebiliriz: Bir cisim, geleneksel tanımın bir "katı cisim"e atfettiği tüm özelliklere sahipse "katı"dır. Fakat durum böyle olunca, cismin hareket halindeyken "katı olmadığını" söylemek zorunda kalırız. Ancak, hareketsizken Öklidyen geometrinin belitlerine uyup dönerken görelilik kuramının gerektirdiği gayri-Öklidyen geometri teoremlerine uyan bir cisme de "katı" diyebiliriz. Böyle bir cisim, tüm koşullar altında "katı" olacaktır.

2. Hızlanmanın ve Dönmenin Göreliliği

Görelilik kuramına göre, bir odanın eylemsiz bir sisteme veya temel sistem olan (*F*)'ye göre düzgün hareketi, bu odaya göre olup odanın (*F*)'ye göre hızı olan *v*'yi hesaplamamızı sağlayacak görüngüler üretmez. Diğer yandan da bir (*F*') taşıtının ivmeli veya dönen hareketinin (*F*')'ne göre olan görüngüleri gözlemleyerek tespit edilebileceğini bulduk. Mesela, merkezkaç kuvvetlerinin etkisini Foucault sarkacında (Coriolis kuvveti) gözlemleyebiliriz ve 1. Kısım'da öğrendiğimiz gibi, Öklidyen geometrinin dönen bir diskteki geçerliliğini sınayarak, diskin açısal hızını bulabiliriz. Tabii ki, farklı uzunluktaki yarıçaplar için çevre/yarıçap (*P*/*r*) oranını ölçmemiz gerekecektir. *P*/*r*'deki değişimler açısal hızla orantılı olarak artacaklardır.

Yarı-maddi bir ortam olan eter hipotezinden vazgeçildiğinden beri, (*F*)'ye göre dönme, boş uzaya göre dönmeden

başka bir şey anlamına gelmiyordu. Göreliliğin temel düşüncesine göre, bir taşıtın boş uzaya göre düzgün hareketi, bu uzaya göreceli olan fizik kanunları üzerinde hiçbir etkiye sahip olamazdı; ama boş uzaya göre ivmeli hareket yapan veya dönen bir taşıtın bu taşıt içindeki fizik kanunları üzerinde bir etkisi olacakmış gibi görünüyordu. Newton, bunun imkânsız olduğunu düşünmedi. "Boş uzayı" kozmik bir nesne olarak, Tanrı'nın duyularıyla özdeş olarak ele aldı ve bu önemli nesneye göre hızlanmanın gözlemlenebilir sonuçları olması gerekeceği fikrini çok makul buldu; fakat metafiziksel ve teolojik düşünceleri fiziğe dahil etmemeyi tercih eden bilim insanları, dönme ve hızlanmanın etkilerinin hesabını bu yöntemle vermeyi kabul etmezlerdi. 1872'de Ernst Mach,[3] Newton mekaniğinin eleştirel bir analizini yayınladı ve "dünyanın dönüşü"nün ürettiği merkezkaç ile Coriolis kuvvetlerine dair deneyimlerimizin, bu kuvvetlerin etkilerinin aslında dünyamızın sabit yıldızlar sistemine (Samanyolu'na) göre açısal hızı olan ω'dan hesaplanabileceğini kanıtladıklarını ve bu deneyimlerin bizi boş uzay veya "mutlak uzay"a göre dönme kavramını kullanmak zorunda bırakmadıklarını vurguladı.

Mach'ın tavsiyesi kısaca, "mutlak uzay" veya "Tanrı'nın duyuları"nı,[4] katı bir referans sistemi olarak düşündüğü sabit yıldız kümeleri sistemiyle değiştirerek Newton'ın hareket yasalarını yeniden düzenlemekti. O zaman eylemsizlik yasası, üzerine hiçbir kuvvet etki etmeyen bir cismin sabit yıldızlara göre bir doğru boyunca sabit hızla hareket edeceğini söyleyecekti. Diğer taraftan da, bir taşıt dünyamızın yaptığı gibi döndüğü zaman, sabit yıldızlara göre dönme, bu taşıta göre merkezkaç ve Coriolis kuvvetleri yaratacaktı. Mesela Foucault sarkacının düzleminin dönmesi, sabit yıldızların dünyanın çevresinde dönmesine bağlanacaktı. Newton'ın gezegen hareketleri kuramına göre, sabit yıldızların dünyaya uyguladığı

kuvvetler görmezden gelinebileceğinden, ayrıca merkezkaç kuvvetinin doğrultusunda olmadıklarından, Mach'ın tavsiyesi şu hipotezden ibaret hale gelir: Sabit yıldızların dünyamız üzerindeki maddesel cisimler üzerinde, Newton'ın yerçekimi yasasıyla açıklanamayacak bir etkisi vardır. O dönemde Mach'ın tavsiyesi fazla cüretkâr ve hatta olanaksız görünüyordu. 20. yüzyılda, devrim niteliğindeki hipotezlerin en önemlisini yaratan, büyük Alman fizikçi Max Planck,[5] Mach'ın Newton mekaniğine verdiği yeni şekli şiddetle reddetti. Einstein'ın görelilik kuramını kesinlikle kabul etmişti ama Foucault sarkacının dönmesini sabit yıldızlardan yayılan bir etkiye bağlayan Mach'ın teorisini, kaynağı Mach'ın bilgi kuramında olan akıldışı bir iddia olarak gördü. Planck, Mach'ın Foucault sarkacı teorisini, Mach'ın felsefesinin akıldışı oluşunun kesin bir kanıtı olarak gördü.[6]

Oysaki Einstein, Newton mekaniğinin yeni bir analizini yaptı[7] ve bu analizi Mach'ın yeni düzenlemesini haklı çıkardı. Geleneksel düşünce yerçekimi alanını Newton'ın yasalarının geçerli olduğu kuvvet alanlarının herhangi bir tanesi olarak ele alırken, Einstein yerçekimi alanındaki hareketin birçok açıdan elektromanyetik alan ve başka alanlardaki hareketten farklı olduğuna, yerçekimi alanındaki hareketin hızlanan veya dönen taşıtlara göre olan hareketlere benzer olduğuna işaret etti. Einstein, kuvvetlerin her yerde aynı doğrultu ve şiddette olduğu "homojen" yerçekimi alanından başladı. Bu, aşağı yukarı her oturma odası veya laboratuvarda olan durumdur. Galileo'dan beri bilindiği gibi, bir m kütlesi, değeri ne olursa olsun, her yerde, aynı g ivmesiyle, aşağı yönde hareket eder. Newtoncı genel formül $a = f/m$'den ivmenin, kütlenin büyüklüğüyle ters orantılı olduğu sonucu çıkar. Eğer ivme kütleden bağımsız olacaksa, f kuvvetinin kütleyle orantılı olduğunu varsaymamız gerekir; yani $f = mg$ ve $a = f/m =$

$mg/m = g$ olur. Diğer tüm alanlarda, f kuvveti alan tarafından belirlenir ve üzerine etki ettiği kütleden bağımsızdır; ancak yerçekimi alanında kuvvet m kütlesiyle orantılıdır ve bundan dolayı kütleden bağımsız bir a ivmesi üretir.

Bu sebeple, homojen yerçekimi alanında hareket yasası tamamen geometriktir. Fırlatılan bir cismin izleyeceği yolun geometrik şeklini m kütlesini bilmeden başlangıç koşullarından öngörebiliriz; fakat, mesela, elektromanyetik alanda hareket yasası "dinamik" bir yasadır; izlenecek yolun geometrik şeklini alanın etki ettiği cismin kütlesini bilmeden öngöremeyiz. Hareketin yerçekimi alanındaki bu özelliği aynı zamanda hızlanan veya dönen bir (F') taşıtına göre hareketin de ayırt edici özelliğidir. Eğer taşıt eylemsiz bir sistemse ve bir m kütlesi üzerine etki eden hiçbir kuvvet yoksa izlenecek yolun geometrik şeklini öngörebiliriz; bu yol, kütle ne olursa olsun bir doğru şeklinde olacaktır. Eğer taşıtın eylemsiz sisteme göre sabit bir ivmesi varsa, izlenen yol kütle her ne olursa olsun bir parabol olacaktır. Taşıt dönüyorsa, kütle "merkezkaç kuvvetleri"nin belirlediği yolları izleyecektir. Her durumda, etki eden bir kuvvet yoksa, izlenen yolun geometrik şeklini taşıtın ivmesi belirler ve hareket eden cismin kütlesinin konuyla bir ilgisi yoktur. Bir kütleye etki eden bir kuvvet yoksa, bu kütlenin hızlanan bir taşıta göre davranışı ile yerçekimi alanının etkisi altındaki eylemsiz bir sisteme göre davranışının benzer olduğunu şimdi görebiliyoruz. Bu özel durumlar, Einstein için, genel *Eşitlik İlkesi*'ne ulaşmanın temeli olmuşlardır. Bu ilke, hızlanan bir taşıta göre olan her hareketin, bir yerçekimi alanının etkisi altındaki eylemsiz bir sisteme göre bir hareket olarak da yorumlanabileceğini ileri sürer.

Bu ilkeyle iki problem birbirine bağlanır: Bir yerçekimi alanındaki hareketin temel kuramı ve eylemsiz bir sistem olmayan bir (F') taşıtına göre hareketin genel kuramı. Bu me-

selelere çözüm sunan kuram, genel yerçekimi kuramı olarak da adlandırılan *Genel Görelilik Kuramı*'dır.[8] "Sınırlı" görelilik kuramında, bir taşıtın hızı bu taşıta göreceli fiziksel görüngülerin gözlemlenmesiyle hesaplanamazdı. "Genel" görelilik kuramında ivme veya dönme hızı da hesaplanamaz. Çünkü eşitlik ilkesine göre, taşıtın hızlanmasına atfedilebilecek her görüngü aynı zamanda bir yerçekimi alanına da atfedilebilir. Merkezkaç kuvvetinin bir görüngüsünü, mesela dönen bir sıvının yassılaşmasını gözlemlersek, sıvının eylemsiz sisteme göreceli olarak dönmekte olduğunu veya eylemsiz sistem içerisinde hareketsiz olduğunu ve dönmekte olan sabit yıldızlar küresinin çekim kuvvetinin onu yassılaştırıldığını pekâlâ söyleyebiliriz.

Newton mekaniğine ve Einstein'ın "sınırlı" görelilik kuramına göre, bir (*F*') taşıtının (*F*)'ye göre hızının, (*F*') taşıtına göre olan mekanik ve optik görüngüler üzerinde bir etkisi yoktur. Bu durum genellikle şöyle ifade edilir: "Mutlak hız yok*tur*", veya "Her hız izafidir". Einstein'ın genel görelilik kuramına göre, bir (*F*') taşıtının dönmesi veya hızlanması, (*F*') taşıtına göreceli olan görüngülerden hesaplanamaz. Bu durum ise şöyle tarif edilmiştir: "Mutlak ivme diye bir şey veya mutlak dönme diye bir şey yok*tur*." Bu konuşma biçimiyle günlük hayatın bazı önermeleri benzerdir; örneğin: "Üç başlı inek yoktur". Böyle konuşunca, görelilik kuramı, dünyamızı fakirleştirmek ve fizik biliminin önermelerini daha muğlak ve dolaylı hale getirmek için bazı "şeyler"in varlığını reddediyor gibi görünür. Aslında "Mutlak dönme yok*tur*" gibi bir önerme, tam olarak, "mutlak dönme" terimini fizik kanunlarının sade bir ifadesini vermeyi amaçlayan bir tartışmada kullanmanın mümkün olmadığı anlamına gelir. Bu nokta özellikle "felsefi" söylemi anlamak açısından önemlidir. Genellikle okuduğumuz "Bir ruh var*dır*" veya "Madde diye bir şey

yok*tur*" ya da "Özgür istenç yok*tur*" gibi önermelerin hepsi "Üç başlı inek yok*tur*" ile aynı söz dizimsel şekle sahiptirler. "Mutlak hız yok*tur*" veya "mutlak dönme yok*tur*"un önermelerinin gerçek fiziksel anlamını, görelilik kuramını anlayarak kavrarsak, aynı zamanda madde ve ruhla ilgili felsefi önermeleri nasıl anlayacağımızı da öğrenmemiz gerekir. Akıl veya ruhla ilgili önermelerin anlamı yakın zamanda Oxfordlu filozof Gilbert Ryle[9] tarafından incelenmiş ve açık bir şekilde ifade edilmiştir.

3. Uzayın Eğriliği

1. Kısım'da dönmekte olan katı bir diskin Öklid geometrisine uymadığını gördük; açısal hız büyüdükçe Öklidyen geometriden ayrılık o kadar artıyordu. Bunun anlamı[10] açısal hız ne kadar büyürse, birim üçgenin alanının o kadar küçüleceğidir. Ayrıca, açısal hız verilmişse bu ayrılıklar $v = r\omega$ çizgisel hızındaki artışa oranla daha da büyürler. Bu durum, (ω hızıyla dönen) diskin bir bölgesinde Öklidyen geometriden ayrılıkların, bu bölge dönme ekseninden uzaklaştıkça daha da büyüdükleri anlamına gelir. Bu da yine "birim üçgen"in alanının eksenden uzaklığa bağlı olduğu anlamına gelir. 3. Bölüm 6. Kısım'da tartıştığımız gayri-Öklidyen geometride, birim üçgen düzlemin tamamında aynı büyüklükteyken, elimizdeki durumda düzlemin farklı bölgelerinde farklı büyüklüktedir. Öklidyen geometriden uzaklaşma, bir üçgenin açıları toplamının iki dik açıdan farkıyla ölçülür. Açılar α, β ve γ ise, Δ denilen "eksiklik" $180° - (\alpha + \beta + \gamma)$ ile tanımlanır. Eksiklik üçgenin alanına bağlı olduğundan Δ / A diye bir nicelik tanımlarız; burada A, Δ eksikliği üçgenin alanıdır. $K = \Delta / A$'ya "uzayın eğriliği" denir. Öklidyen geometriden uzaklaşmanın bu şekildeki ölçümü yalnızca bölgenin eksenden uzaklığına bağlıdır ve alandan bağımsızdır.

Daha önce öğrendiğimiz kadarıyla, katı bir cismin dönmesiyle, bu cisme ait geometri gayri-Öklidyen geometriye dönüşür. Ancak 2. Kısım'da öğrendiğimiz kadarıyla bir cismin dönmesiyle ortaya çıkabilecek her türlü etki, bir yerçekimi alanı tarafından, dönmeyen bir cisimde yaratılabilir. Buna örnek olarak, genellikle dünyanın sabit yıldızlara göre dönmesiyle tarif edilen, dünya üzerindeki merkezkaç görüngülerini verdik. Einstein'ın eşitlik ilkesine göre, bunlar hareketsiz bir dünyanın çevresinde dönen kütlelerin etkisi olarak da düşünülebilirler. Aynı şeklide, dönen bir diskte gayri-Öklidyen geometriden uzaklaşma, diskin hareketsiz olduğunu ve çevresinde büyük kütlelerin dönerek bir yerçekimi alanı yarattığını varsayarak da açıklanabilir. Bu durumda Öklidyen geometriden uzaklaşmalar bu yerçekimi alanının etkisidir. Yerçekimi alanının güçlü olduğu büyük kütlelerin yakınlarında uzayın eğriliği çok büyük ve birim üçgen küçük olacaktır.

Yerçekiminin uzayın geometrisi üzerindeki etkisiyle ilgili ortaya çıkmış olan ve bilimden uzak bir felsefeden kaynaklanan bazı yanlış anlamalardan kaçınmalıyız. Bu sıkıntılardan ilkinin kaynağı "uzayın eğriliği" ifadesindedir. Bir "yüzey"in "uzay içerisinde eğri olabileceği" kabul edilmiştir; yani bu yüzey düzlemsel bir yüzeyden farklı olabilir; fakat üç-boyutlu uzayın kendisi nasıl eğri olabilir? Bu zorluğun sebebi, "eğrilik" kelimesinin anlamının bulanık olmasıdır. Bir kürenin yüzeyinin eğriliği iki yoldan ölçülebilir. Bu yollardan biri, yüzeyin teğet düzlemden ayrılığını ölçmektir; fakat aynı zamanda küre üzerine çizilmiş bir üçgen düşünebilir ve açıları toplamının, yani $(\alpha + \beta + \gamma)$'nın iki dik açıdan farkını ölçebiliriz. Küre üzerinde $(\alpha + \beta + \gamma)$ iki dik açıdan büyüktür. Üçgenin fazlalığı olan $(\alpha + \beta + \gamma) - 180°$'nin alana bölünmesi, küresel yüzeyin eğriliğine eşittir. Başka bir ifadeyle, uzayda (ışık ışınları veya katı çubuklardan yapılmış) fiziksel bir üçgeni ele

alırsak, bu üçgenin uzayda farklı yerlerdeki eksikliği ve fazlalığını ölçerek uzayın eğriliğine ulaşabiliriz. Ancak bu eğriliğin, örneğin eğri bir yüzeyin eğriliğinin doğrudan ölçülmesi mümkün değildir. İkisi de aynı üç-boyutlu uzayda yer aldığından, eğri bir yüzeyi bir düzlemle karşılaştırabilirim. Eğri yüzeyin düzlemden nasıl farklı olduğunu bu şekilde gözlemleyebilirim ve bu farka "eğrilik" diyebilirim; ancak "üç boyutlu eğri uzayımızın" dışında, bununla aynı "dört boyutlu uzayda" bulunan "üç boyutlu bir düzlem uzay" gözlemleyip eğri uzayla düzlem uzay arasında bir fark bulamam. Öte yandan, üç boyutlu eğri uzayda, bu yüzeyler üzerinde başka yüzeyler ve üçgenler inşa edebilirim. Sonra da, bu üçgenlerin açıları toplamını ölçüp üçgenlerin büyüklüklerinden bağımsız olarak bu toplamın 180° olup olmadığını bulabilirim. Bir "eksiklik" veya "fazlalık" olarak 180°'den $(\alpha + \beta + \gamma)$ gibi bir fark varsa, yüzeyler "düzlem"e ne kadar yakın olurlarsa olsunlar, "uzayımız" "eğridir" deriz.

Bu bağlamda üç boyutlu bir uzayın eğriliği, yani üçgenlerin "eksiklik" veya "fazlalığı", başka bir şekilde ifade edersek, Öklidyen geometriden farklı olmak anlamına gelir. Ayrıca, "eğriliği", alışılmış uzayımızda küresel bir yüzeyin eğriliğini ölçmek için de kullanılan bir yöntemle gözlemleyebilir ve ölçebiliriz. Ancak ikinci ölçüm yöntemi olan düzlemden ayrılma "eğri bir uzay"a uygulanamaz. Burada, yine şöyle bir durumla karşılaşırız: Öklidyen geometrinin bir yerçekimi alanında geçerli olmadığı olgusunun "keşfinden" sonra, yerçekimi alanını uygun bir şekilde tarif edebilmek için "uzayın eğriliği" terimini kullanırız. Daha önce öğrendiğimiz gibi "eğrilik" kesin bir işlemsel anlama sahiptir. "Uzayın eğriliği" hepsi aynı sonucu veren farklı türden işlemlerle ölçülebilir ama bu tanımların sadece küçük bir bölümü eğri yüzeylerin işlemsel tanımlarıyla benzer haldedir.

Uzayın eğriliğinin fiziğe, çelikten, ahşaptan veya tahtadan yapılmış sıradan nesnelere uygulanan ölçümlerle tarif edilemeyen bir unsur kattığını söylemek fazlasıyla yanlış yönlendirici olur. Eğri uzayların fiziğe dahil olmasını, fizikte tinsel unsurların yer alması olarak yorumlama girişimleri de olmuştur.

4. Dünya "Gerçekten Dört Boyutlu" mudur?

Fiziğin Newton mekaniğine dayanan "klasik" sistemiyle çalışmaya devam edecek olursak, evrende meydana gelen her şeyi "noktasal olaylar" ile tarif edebiliriz. Kartezyen bir referans sistemi olan (*F*)'den başlarsak, her bir olay belirli bir *x*, *y*, *z* noktasında, bu *x*, *y*, *z* noktasındaki bir saatin gösterdiği belirli bir *t* zamanında meydana gelir. Bu "noktasal olay"ın (*F*)'ye göre *x*, *y*, *z*, *t* olay koordinatlarına sahip olduğunu söyleriz. Kuram, *x*, *y*, *z*'yi *t*'nin fonksiyonları olarak ifade ederek hareketi tarif eder; bu da alışılmış üç boyutlu uzaydaki bir eğri boyunca hareket anlamına gelir. Her bir *x*, *y*, *z* noktasına *t*'nin belirli bir değeri atfedilir. Ayrıca, $x = x\ (t)$, $y = y\ (t)$, $z = z\ (t)$ eşitliğini dört boyutlu *x*, *y*, *z*, *t* uzayındaki bir eğri olarak da yorumlayabiliriz. Üç boyutlu uzayda bir eğri boyunca hareket, dört boyutlu bir uzaydaki durağan bir eğriye matematiksel olarak eşittir. Bu bağlamda, büyük Fransız matematikçi Lagrange[11] mekaniğe "dört boyutta geometri" adını zaten vermişti. Her bir kütle noktası üç boyutlu *x*, *y*, *z* uzayımızda bir yol izler. Belirli bir $t = t_0$ anında, kütleler üç boyutlu uzayımızın belirli bir kısmını doldurur; başka bir anda bu uzayın başka parçalarını işgal eder.

Aynı olguları farklı bir yoldan tarif etmeyi önerdik. Her bir "olay"ı dört boyutlu *x*, *y*, *z*, *t* uzayında bir nokta olarak düşündük. Bunu yapabiliyor olmamızın sebebi her bir olayın *x*, *y*, *z*, *t*'ye atfedilen bir değerler dörtlüsüyle tarif ediliyor olma-

sıdır. Dört boyutlu sürekliliğin tüm olaylarıyla ezelden beri var olduğunu iddia edebiliriz. Yaşamımız yalnızca bizi bekleyen olaylarla karşılaşacağımız, dört boyutlu uzaydaki bir yer değişikliğidir. Bu durumu, kareleri hareket ettirilmeyen bir sinema filmiyle karşılaştırabiliriz. Filmin gözlemciye göre hareket etmesi yerine gözlemci filme göre hareket edecek ve film alışıldığı üzere oynarmış gibi, gözlemci aynı deneyimleri yaşayacaktır.

Evrenimizden bahsederken, "gerçek" evrenin içinde bulunduğumuz anda var olan dört boyutlu bir evren olduğunu öne sürebileceğimizi söyledik. Bunun anlamı geleceğin şimdi "var olduğudur" ve hayatımız boyunca yaptığımız her şey, dört boyutlu süreklilikte hareket ederek, adım adım bu sürekliliğin üç boyutlu kesitlerinin farkına varmaktır. Tabii ki dört boyutlu olanın bir kesiti, tüm t anlarına karşılık gelir. Bu şekilde konuşmanın bariz bir sıkıntısı vardır: Eğer "şimdi" $t = t_0$ anlamına geliyorsa, gelecekteki bir an olan $t = t_1$ dört boyutlu devamlılığın farklı bir kesitini tanımlar. Dört boyutlu sürekliliğin "şimdi var olduğunu" söylemek tüm kesitlerin "şimdi var olduğuna" işaret eder veya $t = t_0$ kesitinin $t = t_1$ kesitiyle özdeş olduğu anlamına gelir. "Şimdi" var olmasının başka yolu yoktur. Bu kafa karıştırıcı ifade biçimine izin verirsek, "dört boyutlu uzay-zaman sürekliliği"nin her zaman var olageldiği ve bizim yalnızca bunun içerisinde seyahat ettiğimiz iddiası, üç boyutlu uzay sürekliliğinin zamanda değiştiğinden öte bir şey öne sürmez.

Einstein 1905'te Görelilik Kuramı'nı öne sürdükten kısa süre sonra, bu kuramın ilke ve teoremlerinin, dört boyutlu uzay-zaman sürekliliğini, yani olaylar dünyasını kullanarak rahatlıkla ifade edilebilecekleri bulundu. 1908'de, bu durumu gören ve sunan Hermann Minkowski[12] oldu. İki olayı ele alalım: x_1, y_1, z_1, t_1 ve x_2, y_2, z_2, t_2. x_1, y_1, z_1 ile x_2, y_2, z_2 bir (F) referans

sistemine göre hareketsiz olan çubuklarla ölçülmüş (*F*)'ye göre koordinatlardır. Aynı şekilde t_1 ve t_2, (*F*) sisteminde hareketsiz olan saatlerle ölçülmüş, zamandaki mesafelerdir ama bu olayların kendilerinin bir şekilde (*F*) sistemine bağlı oldukları anlamına gelmez. Bunlar uzayda meydana gelip t_1 anında (*F*)'nin bir x_1, y_1, z_1 noktasıyla kesişen yıldırımlar olabilirler. İki olay birbirlerinden uzamdaki bir mesafe olan:

$$S = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

ve zamandaki bir mesafe olan: $T = (t_2 - t_1)$ ile ayrılırlar. ($t_2 - t_1$)'in "işlemsel tanımı" nedir? ($t_2 - t_1$) sembolleri, (*F*)'de hareketsiz olan, birbirleriyle özdeş iki saat düzeneğinin gösterdiği değerleri temsil ederler. Bu düzenekleri (*F*)'nin başlangıç noktası olan *O*'ya yerleştirip aynı çabuklukta hareket ettiklerini bularak denetlemek mümkündür ama bunlar nasıl olur da sırasıyla x_1, y_1, z_1 ve x_2, y_2, z_2 noktalarına gelirler? Bildiğimiz gibi (5. Bölüm, 7. Kısım'dan) saatlerin çabukluğu hareket hızlarına göre değişir. Bundan dolayı saatleri x_1, y_1, z_1 ve x_2, y_2, z_2 noktalarına, onları çok yavaş hareket ettirerek, neredeyse sıfır olan bir hızla getirmeye çalışırız. Böyle saatler kullanırsak fiziğin kanunları sade ve kullanışlı olur. Üzerinde hiçbir kuvvet etki etmeyen bir cisim P_1'den P_2'ye sabit hızla hareket eder; P_1'den yayılan bir ışık ışını P_2'ye sabit *c* hızıyla gider vs. Bu durumda bu saatlerin eş zamanlı çalıştıklarını söyleriz. Oysaki saatleri eş zamanlı hale getirmenin yöntemini tarif ederken, referans sistemi olan (*F*)'ye göre sonsuz yavaşlıkta hareket ettirilen saatlerden bahsettik. Öyleyse "eş zamanlı hale getirilmiş" tanımı ancak "(*F*) sistemine göre eşzamanlı hale getirilmiş" diye ayrıntılı olarak ifade edilirse açık bir anlama sahip olur.

(*F*)'ye göre *q* hızına sahip bir (*F*′) taşıt sistemini ele alırsak, aynı olayı (*F*′)'ne göre tarif edebiliriz. Bu du-

rumda ölçüm çubukları ve saatler (F') içinde hareketsizdirler. (F')'ne göre aynı iki olayın uzay-zaman koordinatlarını x_1', y_1', z_1', t_1' ve x_2', y_2', z_2', t_2' ile gösteririz. Ve yine $S' = \sqrt{(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2}$ uzaklığını iki olay arasında "uzamdaki mesafe" ve $(t_2' - t_1') = T'$'yü iki olay arasında "zamandaki mesafe" olarak alırız. Einstein'ın görelilik kuramı ilkelerine göre her bir ışık ışını hem (F)'ye hem de (F')'ne göre c hızına sahiptir. Bundan dolayı elimizde $S/T = c$ ve $S'/T' = c'$ vardır. Bu demektir ki, eğer $S^2 - c^2T^2 = 0$ ise $S'^2 - c'^2T'^2 = 0$ olduğunu da biliriz. Bu durumun ancak $(S^2 - c^2T^2) = (S'^2 - c'^2T'^2)$ olursa böyle olabileceğini göstermek kolaydır. (F)'ye göre aralarında uzam ve zaman mesafesi olmayan olay çiftleri belirleyebiliriz ($S = 0$ ve $T = 0$). Hareketin, ölçüm çubukları ve saatlerin çabuklukları üzerindeki etkisinden dolayı, (F)'ye göre uzamdaki mesafe olan S'nin, (F')'ne göre uzamdaki mesafe olan S''ne eşit olmadığı açıktır. Aynı şekilde T ve T' de birbirlerinden farklıdırlar. S ile T'nin birbirlerinden farklı olduklarını varsayacak olursak, iki olayın (F)'ye göre bir uzam bir de zamanda mesafesi vardır; ama bir (F') taşıt sisteminin hızı olan q'yu S' ve T''yü sıfır yapacak şekilde de seçebiliriz. İlk durumda $(S^2 - c^2T^2) = - c^2T'^2$dir. Bu durumda, iki olay (F')'nün tek ve aynı noktasında farklı anlarda meydana gelirler: $(t_2' - t_1') = T'$. Böyle bir taşıt, yalnızca $(S^2 - c^2T^2) < 0$ veya $S < cT$ ise bulunabilir. Fakat eğer $(S^2 - c^2T^2) > 0$ ise, öyle bir (F') bulabiliriz ki, $T' = 0$ ve $(S^2 - c^2T^2) = S'^2$ olur. Bu durumda, iki olay (F')'ye göre bir ve aynı anda $(t_2' = t_1')$, birbirlerinden S' uzaklıkta meydana gelirler. Buna göre, eğer iki olay (F')'ye göre eş zamanlı olarak gerçekleşirlerse $(t_1' = t_2')$, aralarında (F)'ye göre zamanda bir mesafe vardır $(t_2 > t_1)$.

Dört boyutlu uzay-zaman sürekliliğini kullanarak bu olguları yeterli şekilde tarif edebiliriz. İki olayımız varsa ve bunlara bu dört boyutlu süreklilik içerisinde iki nokta dersek, bu olaylardan alışkın olduğumuz üç boyutlu uzaydaki iki noktaya dair konuşur gibi bahsedebiliriz. Mesela bir düzlemdeki iki noktayı ele alalım. Bu düzlem x, y düzlemi olsun. İki noktanın dik koordinatları x_1, y_1 ve x_2, y_2'dir. Eğer ikisinin aynı x-koordinatına sahip olduklarını söylersek, iki noktayla ilgili hiçbir şey söylememiş oluruz. Başka bir koordinat sistemi seçebilir (asıl sistemi döndürebilir) ve yeni sisteme göre olan x_1', y_1', x_2', y_2''de x_2''nün x_1''nden farklı olduğunu bulabiliriz. $x_1' = x_2'$ olduğunu belirtmek noktaların belirli bir koordinat sistemiyle ilişkilerine dair bir şey söyler ama noktaların kendilerine dair herhangi bir bilgi vermez. Aynı şeklide, iki olay (dört boyutlu uzayda noktalar) arasında (F')'ye göre zamanda bir mesafe yoksa $[T' = (t_2' - t_1') = 0]$, bu sadece iki olayın (F') ile ilişkilerine dair bir önermedir ve olayların kendileriyle ilgili bir şey söylemez.

Kısacası, zamanı ayırıp üç boyutlu uzayla çalışmaktansa, dört boyutlu konuşma biçimini kullanarak izafi fizikteki olguları daha sade ve zarif bir şekilde tarif edebiliriz. İki olayın uzamdaki mesafesi S'nin yanı sıra, zamandaki mesafesi T'nin de referans sistemine bağlı olduğunu buluruz. İkisinden birinin seçilen referans sistemine göre ortadan kalkması dahi mümkündür. İki mesafenin birleşimi olan $S^2 - c^2T^2$ ise q'nun değeri ne olursa olsun, tüm (F') taşıt sistemlerine göre aynı büyüklüktedir. Olayların "dört boyutlu uzay" dilindeki tarifi üç boyutlu uzay dilindekinden daha kullanışlı olduğundan, dört boyutlu uzayın üç boyutlu uzaydan daha "gerçek" olduğunu söyleme eğiliminde oluruz. S ve T referans sisteminden bağımsız olarak "var" olmazken, ($S^2 - c^2T^2$) kendi kendine "var"-dır. H. Minkowski 1908'de demiştir ki "gerçekte var olan"

uzay ve zamanın birlikteliği, yani dört boyutlu süreklilikti̇r ve zaman ile uzay birbirlerinden ayrıldıklarında birer "görüntü"den ibarettirler. Fakat dört boyutlu uzay-zaman sürekliliğinin tek başına uzay veya zamandan daha gerçek olduğunu söylemek bile, görelilik kuramının uygulanabilir ve kullanışlı olduğundan ne eksik ne de fazla bir şey anlamına gelir.

Dört boyutlu uzay-zaman sürekliliğinin bir "gerçeklik" olduğunu söylersek, Lagrange'ın mekaniğin dört boyutlu geometri olduğu fikrini benimsemeye, yani dört boyutlu sürekliliğin "şimdi var" olduğunu ve "gelecek" denen şeyin dört boyutlu uzay-zaman sürekliliği içerisinde hareket etmemizden ibaret olduğunu söylemeye yönelmiş oluruz. Fakat tıpkı Minkowski'nin görelilik kuramını formülleştirmesinden önce olduğu gibi, "şimdi" kelimesinin buradaki ifadelerde kullanımının oldukça yanıltıcı olduğunu kabul etmemiz gerekir. "Şimdi"den kastımız dört boyutlu uzay-zaman sürekliliğinin $t = t_0$ ile tanımlanan kesitidir. Bundan dolayı zamanın gelecekteki herhangi bir anının ($t > t_0$) "şimdi" var olabileceği kendiyle çelişen bir fikirdir.

Dört boyutlu uzay-zaman sürekliliği sık sık geleceğin "önceden belirlenmiş" olduğunu ispatlamak için kullanılmıştır. Bir *E* olayı (*F*)'ye göre $t = t_0$ anında gerçekleşirse, aynı olay (*F*')'ye göre daha erken bir anda ($t' > t_0$) meydana gelebilir. Bu olay şöyle ifade edilmiştir: t_0'dan kısa bir zaman önce kimse *E*'nin gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini bilmiyordu; fakat *E* gerçekten de (*F*') içerisinde meydana geldi ve bu şekilde daha sonra (*F*) içerisinde gerçekleşeceği önceden belirlenmiş oldu. Aslında gelecekte meydana gelecek olan her şey zaten gerçekleşti ve bu nedenle gerçekleşmesine engel olmak mümkün değildir. Bu en kökten haliyle bir "önceden belirlenim" veya "yazgı" öğretisidir. Aslına bakarsanız *E* olayı yalnızca bir defa gerçekleşir ve asıl durum basitçe şöyledir: Bu olay

(*F*)'nin belirli bir noktasıyla kesişir ve bu sırada o noktada hareketsiz olan saat $t = t_0$'ı gösterir; diğer yandan (*F'*)'de hareketsiz olup aynı olayla kesişen saat rastlaşma esnasında $t' < t_0$ diye bir zamanı gösterir.

Göreliliğin dört boyutta ifade edilmesi fiziksel olayların aktarılması açısından kullanışlı bir araçtır ama dört boyutlu uzay-zaman sürekliliği, daha aşina olduğumuz üç boyutlu uzaydan söz ederken yapmaya alışkın olduğumuz şekilde ele alınarak günlük dilde yorumlanamaz.

7. BÖLÜM

İZAFİ FİZİK ÜZERİNE METAFİZİKSEL YORUMLAR

1. "Eylemsizlik" Üzerine Metafiziksel Yorumlar

Newton'ın hareket kuramının, maddi cisimlerin gözlemlenebilir hareketlerini türetme ve mekanik aletleri kullanma konularında çok faydalı olduğuna şüphe yoktur. Diğer yandan, bu kanunların gözlemlenen hareketleri gerçekten "açıklayıp" açıklamadıkları ve Aristotelesçi anlamda gerçekten "anlaşılır" olup olmadıkları her zaman bir soru olarak kalmıştır. Bu beklentiler yerine getirilmediği sürece Newton'ın hareket yasaları, bilimin bize hakiki nedenlerle ilgili hiçbir şey söylemediği ve yalnızca uygulama anlamında bir değeri olup kendi anlamları olmayan, Ralph Waldo Emerson'ın deyişiyle, "insani olmayan" formüller verdiği eleştirisine maruz kalacaklardır. Newton'ın hareket yasaları veya maddenin yok edilemezliği yasasının "anlık ile görme" veya "metafizik içgörü" ile türetilebileceğini göstermek için tekrar tekrar uğraşılmış olmasına şaşmamak gerekir. Özellikle de bu "metafizik sezgi"nin sonuçlarını, bunların da Newton mekaniğinin ilkelerini daha bilindik günlük deneyimlere benzeterek anlama çabalarının sonuçları olup olmadıklarını keşfetmek için incelemek oldukça yol göstericidir.

Aristoteles, "Herhangi bir doğrultuda fırlatılan bir cisim, üzerine dışardan etki eden bir kuvvet olmazsa, sonsuzluğa giden bir doğru boyunca sabit hızla hareket eder," önermesinin manasız ve anlaşılır ilkelere aykırı olduğunu gösteren bir ispat geliştirmiştir.[1] Aristoteles'in fiziğine göre bir cismin hızı içinde hareket ettiği ortamın yoğunluğuyla ters orantılıdır. Bir cisim boş uzayda hareket edecekse, ortamın yoğunluğu sıfır olacağından cisim sonsuz hıza ulaşacaktır; ancak bu durumda cisim bir anda çok büyük mesafeler kat edecektir ki bu da anlamsızdır. Galileo ve Newton, eylemsizlik yasasını mekaniğin temel bir ilkesi olarak geliştirdiklerinde, çok sayıda deneyle sınanabilecek olguyu türetmek mümkün hale geldi. Newton mekaniği de tüm astronomi ve mühendislik mekaniğinin temel taşı haline geldi. Fakat hâlâ bu ilkelerin akıl yürütmeyle değil de yalnızca verdikleri sonuçlarla desteklenebilen (Aziz Thomas'ın onları göreceği gibi[2]) "aşağı dereceden" ilkeler olmadıkları gösterilmemişti. Newton mekaniğinin ilkelerinin "doğası gereği açık" veya başka bir ifadeyle "anlıkla görülebilir" olduklarını kanıtlamak için tekrar eden çabalar olmuştur.

Mekaniğin ilkelerinin "anlıkla görerek" nasıl "ispat" edilmiş olduklarını iyice anlamak için belli başlı iki örneği ele alabiliriz: eylemsizlik yasası ve maddenin yok edilemezliği yasası. Bu bağlamda birbirinden çok farklı iki filozofun görüşlerini değerlendireceğiz: Immanuel Kant[3] ve Herbert Spencer – bunlardan ilkine eleştirel idealist denirken ikincisi neredeyse materyalist denecek kadar katı bir deneyciydi. Kant[4] eylemsizlik yasasını Newton'ın ifade biçimine denk saydığı "maddedeki her değişim bir dış etkene bağlıdır" ifadesiyle ortaya koydu ve bu yasanın anlaşılır olma özelliğini ispat etmeye girişti. İspatın kendisine başlamadan önce Kant şöyle der: "Genel metafizikten her değişimin bir sebebi olduğu önermesini alırız; bu noktada tek kanıtlamamız gereken

maddedeki her değişimin her örneğinde bir dış etken olduğudur." Kant bahsettiği ispatı aşağıdaki gibi verir:

Sadece dış duyuların nesnesi olan madde yalnızca uzaydaki dış koşullarla belirlenir ve hareket dışında hiçbir değişimden etkilenmez. Dolayısıyla (Metafizik ilkesine göre) bir hareketin diğerine dönüşmesinin veya hareketsizlikten harekete geçişin bir sebebi olmalıdır. Ancak bu bir iç sebep olamaz çünkü madde iç sebepler tarafından yönetilmez. Bundan dolayı maddedeki her değişimin bir dış sebebi vardır; yani, bir dış sebepten etkilenmediği sürece hareketsiz olmaya veya sabit hızla hareket etmeye devam eder.

Bu fikirleri, çağdaş bilimin nedensellik yasasına yaklaşımıyla[5] karşılaştırırsak Kant'ın tasımının pek de ikna edici olmadığını görürüz. Her şey bizim "hareket hali" ifadesinden ne anladığımıza bağlıdır. Bir "yer değişikliği"ni harekette bir değişim olarak düşünürsek, kalıcı bir dış sebebin yokluğunda düzgün hareket mümkün değildir. Fakat "hareket hali" ifadesini sadece "hız" diye anlarsak, yalnızca hızın değişmesi için bir dış sebebe ihtiyaç olduğunu kanıtlayabiliriz. Ancak Newton'ın yaptığı gibi, "hareket hali"ni "sürat" veya "hız" ile özdeşleştirmek, verdiği sonuçlarla desteklenebilecek fiziksel bir hipotez ortaya koymaktır; bu ise herhangi bir metafiziksel sezgiyle desteklenmez.

Kant, mantıksal bir çıkarım biçimine sahip olmasına rağmen sunduğu argümanın (muhtemelen "hareket değişimi" gibi terimler, işlemsel tanımlar verilmeden kullanıldığından) pek ikna edici olmadığını hissetmiş olmalı ki, ispatına onu daha ikna edici hale getirecek, "uyarılar"dan oluşan bir paragraf ekledi. Bu "uyarılar"a dair ilginç nokta ise, hareket eden cisimler ile günlük hayattan alınmış bazı çok bilindik ortakgörü önermeleri arasında kurulmuş benzerlikler içermeleridir. Kant şöyle yazmıştır:

> Maddenin eylemsizliği, cansız olandan başka bir şey değildir ve bundan başka bir anlama gelmez. ... Canlı olmak, bir tözün içsel bir ilke ile kendi eyleme geçişini belirlemesi veya maddi bir tözün, kendi durumundaki bir değişiklik olarak, kendi harekete geçişini veya hareketsiz oluşunu belirleme niteliği anlamına gelir. Bir tözün, kendi durumunu değiştirmek için sahip olduğu içsel ilke olarak arzudan başkasını bilmeyiz ve genelde arzu ile bağlantılı olan her şeyle, haz ve hoşnutsuzluk duyguları, şehvet duygusu veya istem ile düşünmekten başka içsel bir eylem de bilmeyiz. Bu güdüler ve eylemler dış duyularla verilene ve dolayısıyla da maddenin madde olarak sahip olduğu niteliklere ait değillerdir. Bundan dolayı, tüm maddeler bu bakımdan cansızdır. Eylemsizlik yasasının söylediği budur; başka bir şey değil. ... Hakiki bilimin imkânı (tözün daimiliğinden başka) eylemsizlik yasasına dayanır. Bunun aksi, Hilozoizm (maddenin canlı olduğu varsayımı) ve dolayısıyla da tüm doğa felsefesinin yıkımı olacaktır. Eylemsizliğin bu şekilde, yani canın olmaması şeklinde anlaşılmasından, maddenin eylemsizliğinin kendi durumunu korumaya yönelik olumlu bir eğilimi olması gerektiği sonucu çıkar. Bu anlamda yalnızca canlı varlıklar eylemsizdir; çünkü mümkün olan başka bir duruma dair fikirleri vardır; değişimi istemezler ve ona karşı mücadele ederler.[6]

Kant'ın maddenin eylemsizliğiyle arasında benzerlik kurduğu günlük hayatta karşılaştığımız durum, maddenin kendisi ile kafasında canlandırdığı belirli bir sonucu üretmek için malzeme üzerinde çalışan bir zanaatkar arasındaki farklılıktır. Madde edilgen ve hareketsizdir; insan ise etkindir ve aklını kullanır. Maddenin ayırt edici özelliği tamamen edilgen olmasıdır ve Kant'a göre bu özellik maddenin eylemsizliğinden sorumludur. Bu özellik eylemsizlik yasasını kesinlikle daha "insani" yapar ama eylemsizliğin açıklamasını verdiğine inanırsak çok yanılmış oluruz. Her ne kadar "hayat" kavramının fizik bilimine girmesi onu daha "insani" yapıyor olsa da, mekanikteki asıl eylemsizlik kanunuyla fazla bir ilgisi yoktur.

Hatta yaşayan organizmalar için eylemsizlik yasasının geçerli olmadığı gibi yanlış bir izlenim verir.

Kant'ın argümanı yaşayan organizmalarla kurulan benzerliğin dahil edilmeyeceği şekilde yeniden düzenlenebilir. "Yaşayan organizmanın kendisi" kütle noktalarından meydana gelen bir mekanik sistem olarak düşünülebilir ve "madde" ile de tek ve ayrı bir kütle noktasını kastediyor olabiliriz. Bu durumda sistemdeki "iç kuvvetler", tekil kütle noktası için "dış kuvvet" olurlar ve böyle bir sistemin durumunun hareketsizlikten harekete nasıl geçtiğini anlayabiliriz: Dış kuvvetler tekil kütle noktaları üzerine etki ederler. Sistemin bir hareketi momentumun korunumu yasasına karşı gelmemek şartıyla ortaya çıkabilir. Oysaki uzayda tek başına bir kütle noktası düşünürsek hiçbir dış kuvvet olmaz ve hareketin durumunda bir değişim olamaz; çünkü herhangi bir değişim, bir dış kuvvetin yokluğunda değişimin olamayacağını söyleyen "metafiziksel gerçek" ile çelişir.

Bu haliyle, eylemsizlik yasasının geçerli olduğunun "kanıtı", bu konuda yapılmış olan kanıtlar arasında en "incelikli" olanına çok benzer. Bahsi geçen kanıt, Britanyalı büyük fizikçi James Clerk Maxwell tarafından yapılmıştır. İlk bakışta Maxwell'in ispatı oldukça ikna edici görünür ama yeniden düşününce bunun gerçekte bir ispat olmadığını anlarız; Maxwell'in tek yaptığı ortakgörü deneyimiyle olan saf analojiyi vurgulamaktır. Maxwell, deneysel kanıtları sunduktan sonra, eylemsizlik yasasına dair şunları yazar:[7]

> Bu yasanın doğruluğuna dair kanaatimiz, yasanın reddedilmesinin ne anlama geldiğini değerlendirecek olursak çok daha kuvvetli bir hal alacaktır. Verilen hareketli bir cismi kendi haline bırakalım; üzerine herhangi bir kuvvet etki etmesin. Bu durumda ne olur? Newton'ın yasalarına göre, bu cisim bir doğru boyunca düzenli hareket etmekte direnecektir.

Maxwell, bir de hızın değişebileceği varsayımını inceler.

Eğer hız sabit kalmıyorsa, değişken olduğunu varsayalım. Hızın değişiminin belirli bir yönü ve büyüklüğü olmak zorundadır ... bunu ya hareketin kendisinin yönü ya da cisimde sabit olan bir yön belirler. Mesela, yasanın hızın belli bir oranda azaldığını söylediğini varsayalım. ... Bu hipotetik yasanın referans olarak aldığı hız, yalnızca mutlak hareketsiz haldeki bir noktayı referans alan hız olabilir. Eğer bu göreceli bir hız ise, hem yönü hem de büyüklüğü referans noktasına bağlıdır. ... Sonuç olarak, mutlak hareketsizlik ile mutlak hızı tanımlamanın imkânını kabul etmediğimiz sürece bu hipotetik yasa anlamdan yoksundur.

Fakat, Maxwell'in söyledikleri mümkün değildir.

Maxwell'e göre, eylemsizlik yasasının inkârı, belirli bir referans sisteminin mutlak hareketsizlik halinde olduğunu ya da belirli bir mutlak hıza sahip olduğunu söylemenin anlamlı olacağını varsaymak demektir. Maxwell, insan aklının uzaydaki mutlak bir konumun ne olduğunu kavrayamayacağını vurgular. Bu nedenle, eylemsizlik yasasının inkârı, Maxwell'e göre, "uzay ve zamana dair insan aklının oluşturabilmiş olduğu, tutarlı olan yegâne öğreti sistemine aykırı olur". Bu yegâne sistem, pek tabii ki "konum" ve "hız"ın yalnızca belirli bir referans sistemine göre anlamlı oldukları görüşüne dayanır.

Maxwell'in argümanını inceler ve eylemsizliğin bilimsel yönüyle ilgili öğrendiğimiz her şeyi göz önünde bulundurursak, "eylemsizlik"i anlaşılır kılmak için geliştirilmiş olan bütün "ispatlar"ın, aslında birer "ispat" değil de, eylemsizliğe dair metafizik yorumlar olduklarını kolayca görebiliriz. Eylemsizlik ilkesinin inkâr edilmesinin, mutlak hareketsiz haldeki bir referans sistemine işaret ediyor olmasının yanı sıra, bu ilkenin kabulünün de hareketsiz bir referans sistemine gönderme yapılmadığı sürece anlamsız olacağı açıktır. Eylemsizlik ilkesine göre, üzerine hiçbir dış kuvvet etki etme-

yen bir kütle hareketsiz kalır veya bir doğru boyunca hareket eder. Fakat "hareketsizlik" veya "bir doğru boyunca hareket etmek", kendisine göre kütlenin hareketsiz olduğu veya bir doğru boyunca hareket ettiği bir referans sistemi yoksa anlamsızdır. Bu durumda, Maxwell'in ispatından sadece "bir kütle noktasının bir (*S*) referans sistemine göre bir başlangıç hızı varsa, hareketine (*S*)'ye göre aynı hızla devam edecektir" diye bir çıkarım yapabiliriz. Ancak bu önermeyi bir fizik önermesi olarak görürsek, önerme kesinlikle yanlış olur. Hareket bilimi çalışarak öğrendiğimiz kadarıyla, bir kütle devir halinde olan bir koordinat sistemine göre hızını korumayacaktır.[8] Bu sebeple, bir cismin hangi referans sistemine göre hızını koruyacağını öğrenebileceğimiz ne bir ispat, ne "anlıkla görme" ne de "metafiziksel bir sezgi" vardır. Maxwell'in argümanından, işlemsel bir anlamı olmayan, kurmaca bir koordinat sistemiyle ilgili, saf matematiksel bir önerme çıkar.

Daha sonra Ernst Mach,[9] Newton'ın yasalarının "mutlak hareketsiz olan bir sisteme, Newton'ın mutlak uzayına" göre düşünülmemesi gerektiği ve bunun yerine öncelikle galaksi sistemimizle yaklaşık olarak çakışan fiziksel bir eylemsiz sisteme göre ele alınması gerektiği noktaları üzerinde durdu. Buna göre Maxwell'in iddiasını şu şeklide yeniden düzenlemek gerekti: "Bir kütlenin sabit yıldızlara göre bir hızı varsa ve bu hız azalacaksa, azalırken tabi olacağı bir kanuna ihtiyaç vardır." Bu varsayımda, kanun ne olursa olsun, hiçbir çelişki yoktur. Gerçek şu ki, antikçağda Aristoteles'in zamanından sonra genel kabul gören kuramı dikkate alırsak, galaksiye göre bir hıza sahip olan bir kütle kendiliğinden hareketsiz hale geçecektir; çünkü yeryüzündeki cisimlerin doğal hali hareketsizliktir. Ancak, eylemsizlik yasasının bu "ispat"ı da, bir başka sebepten dolayı, yine yanlıştır. Maxwell'e göre hız değişemez, çünkü genel uzay ve zaman anlayışımızla tutarlılık

içinde olabilecek herhangi bir değişim yasası düşünülemez. Bu argümanda hareket yasalarının hızdaki değişimleri tarif ederek oluşturulması gerektiği kabul edilmiştir. Ancak fiziğin tarihte izlediği yolu takip edersek, hareket yasalarının konum değişiklikleri olarak düşünülebileceği varsayımında da bulunabiliriz. Bundan yola çıkar ve Maxwell gibi akıl yürütürsek, bir parçacığın konumunun dış kuvvetler etki etmediği sürece değişemeyeceği, çünkü hareket ederken takip edeceği belirlenmiş bir doğrultu olmadığı sonucuna varırız. Maxwell'inki gibi bir argüman, var olan hız tarafından bir doğrultunun belirlendiğini üstü kapalı olarak varsayar; bu önerme ise, hızın konuyla bağlantılı olduğunu, yani konuyla ilgili tek özelliğin konum olmadığını kabul eder. Başka bir şekilde ifade edilirse, kütlemizin "durumunun" yalnızca konum tarafından değil, konum *ve* hız tarafından belirlendiği varsayımı yapılmıştır. Bu varsayım, eylemsizlik yasasının geçerli olduğunu varsaymakla neredeyse özdeştir.

Göz önünde bulundurduğumuz durumlardan anladığımız kadarıyla eylemsizlik yasasının tüm bu "ispatları" aslında ispat bile değillerdir. Öyleyse nedir bunlar? Bilim insanlarının yapacağı gibi biz de basitçe bu ispatların yanlış olduklarını mı söylemeliyiz? Saf bilimsel açıdan baktığımızda bunlar kesinlikle yanlıştır. Diğer yandan, bunlar eylemsizlik yasası üzerine "metafizik yorumlardır". Bu yasayı günlük hayatın deneyim alanlarından alınan analojiler ve ortakgörü ile kurulan analojiler aracılığıyla yorumlamaya çalışırlar. "Hız" ile ilgili günlük hayatta kullandığımız dilin yaptığı gibi, yani bir referans sistemi belirtmeden konuşurlar. Bir cismi duyu deneyimleri aracılığıyla biliyorsak, cismin "durumunu" bildiğimizi varsayarlar. "Bir cismin durumu" teriminin, cisme ortakgörü tarafından getirilen tarife ait olmayıp, fiziğin yasalarını kullanışlı bir biçimde oluşturmak için inşa edilmiş olan

bilimsel dilin bir parçası olması gibi önemli bir noktayı görmezden gelirler. "Eylemsizlik" örneği bu sebeple oldukça yol göstericidir. Fiziksel kanunları "insanileştirmek" için icat ettiğimiz ve sonradan "metafiziksel yorumlar" diye adlandırılan ortakgörü analojilerinin ayırt edici iki özellikleri olduğunu öğreniriz: Bu analojiler, işlemsel anlamı görmezden gelir veya en aza indirirler. Ayrıca, bir cismin "durumunun" fizik kanunlarını sade ve kullanışlı bir yoldan formülleştirmek için bilim insanlarınca bilerek üretilmiş yapay bir kavram olduğu gerçeğine aldırmazlar.

2. Metafiziksel Bir Yorum Olarak "Maddenin Yok Edilemezliği"

Bir cismin kütlesinin (veya ağırlığının) cisme bir parça eklemeden veya cismin bir parçasını ayırmadan değiştirilemeyeceği bağlamında, maddenin üretilemeyeceği veya yok edilemeyeceği her zaman bir ortakgörü deneyimi olagelmiş değildir. Herbert Spencer[10] maddenin yok edilemezliğine inanmayanlara birkaç örnek verir: "Sıkı sıkı katlanmış bir elbisenin daha gevşek katlanmış bir elbiseden daha ağır olduğunu iddia eden ve nakliye ücretini azaltmak umuduyla sandıklarını daha büyük yaptıran bir hanım tanıdım!" Spencer daha başka örnekler de verir ve bunların tümü hanımlarla ilgilidir. Bilimin daha erken bir dönemine ait ortakgörü fikirlerini hanımların daha uzun süre devam ettirdiğine inanır gibi görünür. Fakat, bilimin ilerlemesiyle, "maddenin yok edilemezliğinin" ortakgörüde yer eden bir inanç haline geldiğine işaret eder.

Herbert Spencer deneyci düşünmenin sıkı bir savunucusu ve "metafizik sezginin" bilinen bir karşıtı olmasına rağmen, bilimin geçmişinin "anlaşılır ilkelere" doğru izini sürmek konusuna yoğun bir ilgi duymaktaydı. Spencer'ın "maddenin yok edilemezliğini" hangi argümanla "anlaşılır bir ilke" ha-

line getirmeye çalıştığını öğrenmek, bizim için oldukça yol gösterici olacaktır. Spencer, ilk olarak, bu varsayım olmadan hiçbir müspet ilimin mümkün olmayacağını iddia etti.

> Sabit nicelikler ile ağırlıklar yerine, bütün olarak veya kısmen yok olmaya eğilimli nicelikler ve ağırlıklarla çalışmak zorunda kalsaydık, bütün olumlu sonuçları mahvedici bir öğe işe dahil olmuş olurdu. Dolayısıyla, maddenin yok edilemez olduğu önermesinin dikkatlice ele alınması gerektiği açıktır.[11]

Daha erken dönemlerde, ortakgörü deneyimi maddenin korunduğunu belirten önermeyi kesinlikle akla getirmiyordu. Odun veya kömürün yanması gibi bilindik deneyimler, bu cisimlerin ortadan kaybolduğu ve ortaya madde olup olmadıkları bilinmeyen kıvılcımlar çıktığı fikrini yarattı. Birbiriyle çelişen iki yorum vardı: Kömürün yanması önce filojiston salınımı olarak, daha sonra ise oksijen eklenmesi olarak yorumlanmıştı. Spencer, maddenin yaratılması ve yok olmasına inancı kastederek, "günümüzdeki teoloji, dünyanın başlangıç ve sonunu ciddiye alan öğretisiyle, tamamen bununla kaplanmıştır" diye yazdı. Kısacası bu inanç ortakgörüye her zaman itici gelmemiştir. "Deneyimin kademeli olarak birikmesi ve dahası deneyimlerin düzenlenmesi, bu kanıyı yavaş yavaş tersine çevirmiş ve günümüze [1860] gelinceye kadar maddenin yok edilemezliği öğretisi olağan bir fikir haline gelmiştir." Birçok durumda olduğu gibi maddenin yok edilemezliği konusunda da, bu varsayımın deneyim verilerini yorumlamada faydalı olduğu ortaya konulduktan sonra tersini (yok edilebilirliği) kabul etmenin ortakgörüyle çelişeceği açıklık kazandı.

Spencer, "[deneyimden yapılan] bilinçli tümevarımdan daha yetkili bir teminatımız olup olmadığı" sorusunu sordu. Spencer "daha güçlü bir teminatımız" olduğuna emindi. İçebakışla, bilinç akışımızı tarif ederek, maddenin yok olmasını

hayal etmenin psikolojik açıdan imkânlı olmadığını deneyimle kanıtlayabileceğimizi düşündü. Şöyle yazdı:

> Kendinize dönük, dikkatli bir çözümleme bunun bilincin bir verisi olduğunu gösterir. Gördüğünüz uzayın biri dışında bütün nesnelerden arındığını düşünün. Şimdi de geriye kalanın yerinden hareket ettirilmek yerine, bu yerde dururken hiçliğe dönüştüğünü hayal edin. Yapamazsınız. Elle tutulur olan uzayın, onu elle tutulur yapanın başka bir yere gitmesiyle boş hale gelmesini düşünemezsiniz.

Spencer, maddenin sıkışıp hiçbir şeye dönüşmesini hayal etmenin imkânsız olduğuna işaret etti; hayal edilen şey, her zaman, parçalar arasındaki uzaklıkların azalmasıydı.

> Maddenin parçalarının birbirlerine yaklaştıklarını düşünebilirken, maddenin miktarının daha az hale gelmesini düşünemeyiz. Bunu yapmak, maddeyi oluşturan parçaların bazılarının sıkışıp hiçliğe dönüştüklerini hayal etmek olur; bu ise bütünün sıkışıp hiçliğe dönüşmesini hayal etmek kadar imkânsızdır. ... Maddenin yok olması, maddenin yaratılmasının düşünülemez olmasıyla aynı sebebe bağlı olarak düşünülemezdir.

Spencer'ın argümanını önemli kılan özellik, "maddenin yok olmasını hayal etmenin imkânsızlığının" ayrıntılı bir psikolojik incelemesini yapmasıyken, çoğu yazar sadece, maddenin yok olmasının "üçüncü gözümüzün" tanık olduklarına veya "zihinsel sezgimize" aykırı olduğunu iddia ederler.

Spencer'ın argümanından yola çıkarak, maddenin yok olmasını hayal etmek veya düşünmenin imkânsızlığıyla, aslında ortakgörü deneyimlerimiz içerisinde maddenin yok olması denilebilecek bir olgu bulmanın imkânsızlığını kastetmiş olduğumuz da açıkça anlaşılır. Dolayısıyla, Spencer'ın ispat ettiği şey, günlük hayattaki deneyimlerimiz arasında, maddenin yok olması veya yaratılmasına dair bir analoji bulunmadığı gerçeğidir. Bu bağlamda maddenin yok edilemezliği

öğretisi, Newton fiziğinin metafiziksel bir yorumudur. Daha önce bahsettiğimiz gibi,[12] çağdaş fizikçe "maddenin yok olması" diye yorumlanan bazı görüngüler vardır. Mesela, bir elektron-pozitron çiftinin bir miktar ışıyan enerjiye (foton) dönüşmesi veya hidrojenden helyum elde edilmesindeki kütle kaybı gibi. İki hidrojen çekirdeği ve iki nötronun sıkı sıkı "paketlenmesiyle", kütlesi bileşenlerin kütlesinden daha küçük olan bir helyum çekirdeği oluştuğunu öğrendik. Buna nükleer fizikte "paketleme etkisi" adı verilir.

Burada, bu Kısmın başında alıntılandığı gibi, Spencer'ın "paketleme etkisine" inanan bir kadınla dalga geçtiğini not düşmenin faydası vardır. Spencer, kadının "paketleme etkisinin" düşünülemez ve hayal edilemez olduğunu anlayabilecek kadar zeki olmadığına işaret etmişti. Spencer'ın anekdotundaki hanım gibi, bilim eğitimi almamış bir insan, daha sıkı paketlemeyle maddenin yok olmasına izin verecek bir dizi ortakgörü deneyimine sahip olacaktır. Kişi bilimsel düşünme konusunda eğitimli hale geldiği zaman, "paketleme etkisinin" düşünülemez olduğunu anlayacaktır. Tüm bunlardan anladığımız üzere, Spencer'ın dalga geçtiği kadın aslında haklıydı, çünkü paketleme etkisi mümkündür ve maddenin yok edilebilirliğinin düşünülemez olduğunu ispatlayabileceğini düşünen filozofumuz aslında yanılıyordu. Bir hanımın veya herhangi bir kimsenin gayretli bir çalışmayla ortakgörüsünü geliştirebileceğine inanmak pek de doğru olmayacaktır. Bahsi geçen kadın Spencer'ın tavsiyesine uymuş olsaydı, önünde sonunda maddenin yok olması ve "paketleme etkisinin" düşünülemez olduğu fikrini edinmiş olacaktı.

Atom fiziğinde "paketleme etkisinin" keşfini sağlayan gelişmeler maddenin yok olmasını hayal etmek için gösterilmiş büyük çabaların değil; bir semboller sistemi veya gözlemlenebilir görüngülerin türetilebileceği kavramsal bir çerçeve

inşa etme çabalarının sonuçlarıdır. Bu sistemi meydana getiren fikirler arasında, atomik bir çekirdeğin yapısının sıkıştırılmasıyla kütlenin azalması kavramı vardı. Buradaki sıkıntı, maddenin nasıl yok olabileceğini doğrudan hayal etmek değildir; maddenin yok olduğunu ortaya koyan önermeden gözlemlenebilir görüngüler türetmektir. Gözlemlenebilen bir görüngünün aynı zamanda düşünülebilir ve hayal edilebilir olduğuna şüphe yoktur. Tutumlu olmaya çalışan kadının hayalindeki paketleme etkisi tabii ki çok küçüktü ve muhtemelen bu ufak ağırlık kaybına verdiği önemden dolayı dalga konusu olmuştu. Oysaki bugün dünyamızın geleceğinin kütlenin ufacık bir kısmının ellerinde olabileceğini biliyoruz; çünkü "hidrojen bombasının sırrı" bu ağırlık kaybıdır.

3. Görelilik Kuramının Metafiziksel "Sonuçları"

Einstein'ın görelilik kuramı mantıksal ve deneysel olarak[13] ortaya konulurken, bu teorinin mantıksal yapısının aslında herhangi bir fizik teorisinden farklı olmadığı belirtilmişti: Kuram, formel bir sistemden başlar; buna daha sonra işlemsel tanımlar eklenir ve kuram, bu formel sistemden mantıksal türetmeler yapar; türetilenler ise gerçek gözlemlerle sınanan önermelerdir. Bu gözlemler, geleneksel mekanik veya optikteki herhangi bir gözlemle tamamen aynı türdendirler; temelde farklı ölçeklerin gösterdikleri değerlerin çakışmasına dayanırlar. Kuramın, herhangi bir kuram için olabileceği gibi, fiziksel hipotezlerden oluşan bir sistem veya tanımlardan meydana gelen bir sistem olarak ortaya konulması mümkündür. Ancak, birçok yazar görelilik kuramının alışılmış anlamda bir fiziksel teori olmadığını tekrar tekrar belirtmişlerdir; bunun yerine bu kuramın yeni fiziksel olguları yeni fiziksel hipotezler geliştirmeden açıklayan bir felsefe veya metafizik öğretisi olduğunu söylemişlerdir. Görelilik kuramı, uzay ve

zamana dair yeni bir görüş sunar ve gözlem yapan bilim insanının kendisini fiziksel dünyanın parçası haline getirir.

Üstelik çok sayıda önemli yazar, filozof, dini lider, eğitimci ve hatta bilim insanına göre görelilik kuramının yarattığı etki sonucunda, insanın evrendeki konumuyla ilgili genel görüşlerde ciddi değişimler olmuştur. 17. ve 18. yüzyıllardan beri süregelen mekanistik dünya görüşü, maddeci bir felsefeye giden yolun hatırı sayılır bir destekçisi olmuştur. 18. ve 19. yüzyıllardaki bu akım, çoğu gözlemciye neredeyse karşı konulamaz görünüyordu. Ancak 20. yüzyıla gelindiğinde, mevcut fiziğin ve özellikle görelilik kuramı ile kuantum teorisinin bu muazzam akımı durdurduğu izlenimi oluştu. Birçok yazara göre, maddeciliğe doğru giden akımın durdurulduğu ve idealizm yönünde keskin bir dönüş yapıldığı şüphe götürmezdi. Yale Üniversitesi'ndeki ünlü biyologlardan Edmund Ware Sinnott, yakın zamanda yayınlanan *Two Roads to Truth* [Doğruya Giden İki Yol] adlı kitabında, bilim ve dini, çağdaş bilimin sonuçları ışığında uzlaştırmaya çalıştı.[14] Sinnott, şöyle yazdı:

> Görelilik, kuantum mekaniği ve nükleer fizikle birlikte gelen devrimden sonra, bilim daha önceki sonuçlarından bazılarını değiştirmek zorunda kaldı. Gerçek şu ki, Evren, Newton'ın zamanında göründüğünden çok daha karmaşık bir sistemdir. ... Artık bilim insanları, kısa zaman önce absürt görünecek olan fikirleri şaşırmadan kabul ediyorlar. Bu değişim, bilim insanlarının idealist felsefelere çok daha açık fikirli bir tavırla yaklaşmaları sonucunu doğurdu. Üç asır boyunca kendinden emin bir şekilde gelişen bilim, inancın temellerini hor görüyor ve din, birçok konudaki duruşunu değiştirmek zorunda bırakılıp en düşünceli taraftarlarının desteğini kaybediyordu. Fakat artık işler tersine dönmeye başladı ve saldırgan bir idealizm, savunmadan hücuma geçiş yaptı.

Görelilik Kuramı'nın benzer bir felsefi yorumu Harvard Üniversitesi'ndeki ünlü sosyolog Pitirim Sorokin[15] tarafından

da yapılmıştır. Sorokin, modern bilimin doğuşundan (1600 civarı) günümüze gelinceye kadar, kültürümüzün gittikçe daha fazla "duyu kültürüne", yani asıl ilginin duyusal görüngülerde yoğunlaştığı bir kültüre dönüştüğünü üzülerek belirtir. Bu kültürü ortaçağda hâkim olan, ruhsal ve düşünsel değerlerin insan çabasının temel amaçları oldukları "düşünce kültürü" ile karşılaştırır. Sorokin, zaman kavramında, kültürde etkili olan bir özellik görmüştür. Bir "duyu kültüründe", niceliksel ölçümlere indirgenebilecek "duyusal bir zaman" vardır; "düşünsel zamanın" ise evrenin evrimiyle bağlantılı ayırt edici bir özelliği vardır. Sorokin, "duyusal zamana" ayrıcalıklı davranılmasının, 20. yüzyılda bazı tepkiler almaya başladığına işaret eder. Bu tepkilerden biri Fransız filozof Henri Bergson'un[16] niteliksel zamanı yeniden kurmasıdır. Bergson, zamana dair bir ayrım yaparak, fizikçilerin göz önünde bulundurduğu zamana "niceliksel zaman" ve kendisinin organizmaların evrimini tarif ederken kullandığı niteliksel zamana da "süre" adını verir. Sorokin'e göre başka bir tepki belirtisi de,

> ... Minkowski-Einstein "uzay zaman sürekliliği"dir; bu bir bakıma aşırıya kaçan "duyusal zaman"a karşı bir başkaldırıdır. ... Bu demektir ki, duyusal zamana karşı başkaldırı belirtileri yok değildir. Bu başkaldırı, 19. yüzyılın sonunda ve 20. yüzyılda, duyu kültürü zihniyetine karşı, kültürün bütün kollarında olan diğer "başkaldırılarla" uyum içindedir.

Sorokin'in dikkat çektiği nokta, belirli bir dönemin biliminde kullanılan temel kavramların, aynı dönemin kültürel değerlerini oluşturmakta kullanılan kavramlardan bağımsız olmayışlarıdır. 20. yüzyıl biliminden bahsederken, "bilimdeki temel anlayışın kültürel düşünce yapısının tamamındaki dönüşüme tabi olduğunu" vurgular. Üstelik, Sorokin'e göre, "olayların akışının tersine dönmesiyle", bilim ve din ara-

sında eskiden olan ve kapatılamaz gibi görünen aralık artık daralmaya başlamıştı. İkisi arasında köprü kurmak artık olanaklıydı. Eğitim, din ve hatta politika alanlarındaki pek çok büyük yazarın yeni fizik kuramının etkilerine bağladıkları, dünya görüşümüzdeki büyük değişim, fizikle uğraşan bilim insanlarının "başını belaya sokmaya" başlamıştı. Bilim insanlarının birçoğu, bağlı oldukları bilimin, bağlı oldukları ahlaki ve dini inançların destekçisi olarak kabul edilmesinden hoşnuttu. Ama yine hatırı sayılır bir kalabalık, göreliliğin gözlemlenebilen görüngülerin tarifini vermeye çabalayan, saf bir fizik kuramı olduğunu ve maddecilik ile idealizm arasındaki rekabetin kazananını seçemeyeceğini, din ile düşmanları arasındaki kavgaya da bir faydasının dokunmayacağını iddia ediyorlardı.

Yeni bir kuramın, bir yandan nasıl sadece gözlemlenebilir görüngüleri öngörme şemamızdaki bir gelişme olup, diğer yandan idealist felsefe veya dinin lehine ya da aleyhine olan kavgada bir silah olabileceği sorusu ortaya çıkmıştı. Günümüz fizikçilerinin büyük çoğunluğu özelleştikleri alanı felsefeden olabildiğince ayrı tutma konusunda başarılı bir eğitim görmüşlerdir. Felsefe öğrencilerinin büyük kısmı da, felsefeyi iyice anlama çabalarında oldukça yüzeysel bir fizik bilgisinin yeterli olacağına inanacak şekilde eğitilmişlerdir. Ancak, bir fizik kuramının nasıl olup da maddecilik veya idealizm yanlısı veya bunlara karşı olarak yorumlanabileceği sorulduğunda, fizikçilerin gerçekten "başı derde girmektedir". Fizik bilgisinin yetersiz olduğunu düşünen bir filozof, fizik alanında "uzman" olan birine danışacak olursa nadiren tatmin edici bir cevap alacaktır.

Tabii ki, en muğlak argümanı dahi, bilimsellik taslamayıp "felsefi" olduğunu iddia ettiği ve fizikçinin çocukken edindiği felsefeye aykırı olmadığı sürece kabul etmeye hazır fizik-

çiler de vardır. Fakat "fizikçi sıfatıyla" konuştukları zaman, genellikle idealizm veya maddeciliğe dair bu felsefi "çıkarımların" hepsinin "saçmalıktan" ibaret olduğunu ve düzgün bir bilim insanının dikkatini bunlara vermemesi gerektiğini söyleyeceklerdir. Ne yazık ki bu "saçmalığın" insan davranışları üzerinde güçlü bir etkisi vardır ve öğrencilerine göreliliğin felsefi yankılarının titiz bir hesabını veremeyen bir fizikçi, bir fizik öğretmeninin demokratik bir toplumdaki görevlerini yerine getirmemiş olur. Fizikçi, "saçmalık" sözünü, fizik kuramlarından felsefi dünya görüşü türetme çabalarının her türlüsüne yöneltme eğilimindedir; çünkü bu sonuçların, kuramları, örneğin görelilik kuramını, meydana getiren bilimsel önermelerin mantıksal sonuçları olmadıklarını düşünürler. Oysaki felsefi sonuçları, fiziksel göreliliğin mantıksal sonuçları veya tümevarımla ulaştığı genellemeler olarak görmek yerine, onları Einstein'ın kuramının metafiziksel yorumları olarak görürsek ne anlama geldiklerini pekâlâ anlayabiliriz.

Gerçek şu ki, görelilik kuramı bilimin felsefi veya metafiziksel yorumlanmasının bir örneği olmaya oldukça uygundur. Bunu aklımızda bulundurursak, göreliliğe dayanan felsefi çıkarımların türlü yollardan yapılabileceğini ve hatta bu yolların çoğu zaman birbirleriyle çeliştiğini dahi anlayabiliriz. Bu durumu anlayabilmek için, yapılan yorumların, kuramın kendisi tarafından yegâne olarak belirlenmiş yorumlar olmadıklarının farkında olmamız gerekir; bunlar daha ziyade görelilik kuramıyla günlük deneyim dünyamız arasında kurulmuş analojilerdir. Bertrand Russell[17] şöyle demiştir:

> Yeni bir bilimsel kuramın ortaya çıkması durumunda az rastlanmayan bir şekilde, bütün filozoflarda, Einstein'ın çalışmalarını kendi metafizik sistemleri doğrultusunda yorumlama ve neticenin, bahsi geçen filozofun daha önceki görüşlerine ciddi bir güç kattığını iddia etme eğilimi vardır.

Görelilik kuramını yalnızca gözlemleri tarif edip, doğanın gerçek kanunları alanına girmeyen bir teori olarak gören filozoflar olmuştur. Başka yazarlar tarafından ise, görelilik kuramının fiziksel bir teori değil, evrenin en derin yasalarına dair konuşan metafiziksel bir teori olduğu iddia edilmiştir. Kimi yazarlar görelilik kuramını idealizmin maddeciliğe karşı kazandığı nihai zafer olarak görürken, başkaları onu maddeciliğin kaba bir hali olmakla suçladılar. Görelilik kuramını yaygın hale getirme, yani bilimle ilgilenmeyen insanlara açıklama açısından metafiziksel yorumun rolü büyüktür. Lincoln Barnett[18] şöyle yazmıştır:

> Fizikçiler, deneyimimizin alışılmış dünyasını, duyularla kavradığımız dünyayı, terk etmeye zorlanmışlardır. ... Uzay ve zaman dahi, artık renk, şekil ve büyüklük kavramlarımız gibi, bilincimizden ayıramayacağımız, sezginin formlarıdırlar. Uzayın, içinde algıladığımız nesnelerin bir düzeni veya düzenlemesinden başka nesnel bir gerçekliği yoktur; zamanın ise, onu ölçmekte kullandığımız olayların sırasından bağımsız bir varlığı yoktur.

Barnett'ın bu konuda haklı olduğuna şüphe yoktur. Ancak, söyledikleri bütün fiziksel kuramlar için doğrudur; çünkü bütün teorilerde, duyularla doğrudan yapılan gözlemlerimizin dünyasının yerini, biçimsel bir sistem, yani duyu izlenimlerine "işlemsel tanımlar" aracılığıyla bağlanan semboller arası ilişkiler alır. Bu aksi gösterilemez cümlelerden, bazı özel analojiler üzerinde durarak metafiziksel yorumlar elde edebiliriz. Uzunluk veya süreyle ilgili hiçbir önermenin artık "nesnel zaman veya uzayla" ilgili olmadığını, bu önermelerin bizim izlenimlerimizle ilgili olduklarını vurgulayabiliriz. Bu durumda maddenin rolü en aza inmiş, aklın rolü artmış ve sonuçta bilimde maddecilik çürütülmüş olur. Fakat "uzay" ve "zamanın" Einstein öncesinde tinsel nesneler olduklarını, şimdi ise elle tutulur saatler ve ölçüm çubuklarının

gösterdikleri değerlerle değiştirilmiş olduklarını da pekâlâ iddia edebiliriz. Bu ise maddeci bir yorum olur.

Maddeci olmayan yorum, görelilik kuramında[19] maddenin korunmasının artık geçerli olmadığı iddiasıyla güç kazandı; madde, maddi olmayan şeylere, enerjiye dönüştürülebiliyordu. Bu iddianın, modern bilime göre "maddenin varlığının son bulduğunu" ileri süren bazı dini grupların öğretilerini ve hatta Hristiyan biliminin kurucusu Mary Baker Eddy'nin[20] şu ünlü sözlerini dahi desteklediği düşünüldü: "Maddede ne hayat, ne doğru, ne akıl, ne de töz vardır."

Britanyalı filozof Herbert Wildon Carr'ın,[21] Einstein'ın görelilik kuramından yana olmasının sebebi, bu kuramın aklın nesnel fiziki dünyadaki yerini kesinlikle sağlama almış olmasıdır. Carr, Einstein öncesindeki genel kanıya göre "doğanın aklı yalnızca gölgeli, rüya benzeri bir fikirle etkileyebileceğini" belirtir. Görelilik kuramında ise, önceden de gördüğümüz gibi,[22] mekanik ve optik yasaları, gözlem yapan bilim insanının aklı açıkça işe dahil edilmeden formülleştirilemezler. Carr'a göre:

> Gerçeklik, görelilik ilkesinin gerektirdiği şekilde ele alındığında, artık gözlemciyi gözlemlediği şeyden veya aklı nesnesinden ayırıp da hangisinin daha önce geldiği konusunda tartışmayız.

20. yüzyıldaki maddecilik karşıtı akım, kendine tutunacak bir yer olarak, halkın bilime dair fikirlerini bulmuştur. Mesela *Encyclopedia Britannica*'ya göre,[23] "Çağdaş bilim, maddecilik ve mekanizmden uzaklaşıp, Doğa'daki görüngülerde ve hatta Doğa'daki fiziksel görüngülerde, mekanik olanlar dışındaki etmenlerin farkına varılmasına yönelmektedir."

Yönetim ideolojisinin Yahudi-Hristiyan gelenek olduğu ülkelerde, genelde maddecilik arzulanan insan davranışlarına zararlı olarak görülür ve bu nedenle, görelilik kuramının

maddeciliği çürütmüş olması büyük bir başarı olarak görülmüştür. Görelilik kuramı için Komünist hükümetlerin yönettiği ülkelerde söylenenleri değerlendirmek istersek, yönetimdeki partinin öğretisine göre bir insanda arzulanan davranış biçiminin ancak Diyalektik Materyalizm felsefesi aracılığıyla elde edilebileceğini hatırlamamız gerekir. Bu resmi felsefe "materyalizm" demeye alışkın olduğumuz şeyden birçok yönden farklıdır. Sovyet yazarlar arasında, görelilik kuramının maddecilikle çeliştiği fikrine güçlü bir katılım görülmüştür. Tabii ki, bu durum görelilik kuramının istenmeyen politik hareketlere sebep olacak "gerici bir teori" olmakla itham edilmesi demektir. Sovyet yazarların saldırılarına hedef olan iki nokta vardır: Bunların birincisi, ışığın yayılmasında maddi bir taşıyıcı işi gören eterden vazgeçilmiş olması, ikincisi ise dünyanın "gerçekten" hareket ettiğini ve Batlamyusçu sistemin de "gerçekten" yanlış olduğunu belirten önermeden vazgeçilmiş olmasıdır.

Bu görüşlerin ikisi de maddecilik karşıtı olarak sınıflandırılmışlardır; çünkü ikisi de fiziğin maddi cisimlerin nesnel hareketleriyle ilgili bir öğreti olmayıp, bunun yerine duyu gözlemlerimize bir düzen getirmeye yönelik bir öğreti olduğu anlamına gelirler. Bu öğreti, çoğunlukla Sovyet yazınının devamlı hedefi haline gelmiş olan, Avusturyalı fizikçi ve filozof Ernst Mach'ın adıyla birlikte anılır. *Büyük Sovyet Ansiklopedisi*[24] *Eter* üzerine olan makalesinde şöyle der:

> Özel görelilik kuramı, saf matematiksel bir tarife sığınır ve içerisinde elektromanyetik olayların meydana geldiği ortamı incelemekten kaçınır. Aynı zamanda fiziksel görüngülerin nesnelliğini sorgulamaktan da kaçınır; yani, eterle ilgili sorunun cevabı olarak Ernst Mach'ın bakış açısını kabul eder.

Rus fizikçi ve filozof Arkady Klimentovitch Timiryazev[25] şöyle yazmıştır:

Geleneksel modern bilim insanı Einstein'ın kuramından şüphe etmeye cüret etmez. Çünkü onu mutlak bir doğru olarak görür. Kopernikçi ve Batlamyusçu sistemlerin bir ve aynı şey olduklarına kesin olarak inanır. Böyle bir bakış açısı, bilimde modaya yenik düşmeyenler için kabul edilemezdir. Batlamyusçu ve Kopernikçi sistemlerin özdeşleştirilmesi, görelilik kuramından idealist filozofların çıkardığı bir sonuç değildir. Bu özdeşleştirme, Einsteincı kuramın tamamının başlangıç noktasıdır. Bu kuramın çıkış noktasıyla, kendi gerici felsefesinin etkisi altında seçim yapmış olan Mach'ın çıkış noktası aynıdır.

Birçok Sovyet yazarın yaptığı gibi, Timiryazev de, "idealist" çıkarımların Einstein'ın kuramı üzerine yapılmış gelişigüzel metafizik yorumlar olmadıklarını, Einstein'ın bu kuramı, maddeciliğe karşı olan kavgada ortaya çıkan Yahudi-Hristiyan geleneği destekleyen sonuçlar verecek şekilde, bilerek inşa ettiğini kesin olarak ortaya koymuştur. Timiryazev'e göre, Einstein'ın kuramının bu yoruma sebep olmasını engellemenin tek yolu, kuramı tamamen ortadan kaldırmaktı. Ona göre: "Görelilik Kuramı'nın bu gerici yorumuyla savaşmak isteyen biri, kuramda kökten değişiklikler yapmak zorundadır. Bu şekilde yeniden inşa edildikten sonra kuramdan geriye pek bir şey kalacağı şüphelidir." Timiryazev, görelilik kuramını neden "idealist" diye adlandırdığının özel sebeplerini verir ve şöyle yazar:

> Einstein, eter veya mutlak uzaya göre dönmenin, merkezkaç kuvvetinin nedeni olduğunu söyleyen önermeden hoşlanmaz.[26] Eteri görmeyiz ve eterde veya mutlak uzayda menzil taşları yoktur. Bu sebeple, eter ve mutlak uzay, Einstein'a göre, sadece kurmacadır. Çünkü duyumların bileşimleri değillerdir. Eğer, etere veya mutlak uzaya göre dönmenin merkezkaç kuvvetinin nedeni olduğunu söylersek, nedensellik yasasını çiğnemiş oluruz. Çünkü bu yasayla, Mach ve Einstein'a göre, yalnızca gözlemlenebilir şeyler neden olarak kabul edilirler. [Bu durum, daha

önce verilen, nedenselliğin bilimsel yönüyle kesinlikle uyumlu değildir.[27]] Bunlar, mutlak uzayın yerine Sabit Yıldızlar Sistemini koyarlar. Yıldızlar gözlemlenebilir olduklarından, kurmaca değillerdir. Einstein, Mach'ın kuramına hizmet etti ve –asıl önemli olan– Kopernikçi sistemden kurtulabilme imkânı vardı.

Bu argümana bakarak, Einstein'ın teorisinin "idealist" veya "maddeciliğin çürütülmesi" diye adlandırılmasının, bir analojinin vurgulanmasından öte bir şey olmadığı kolaylıkla görülebilir. Bariz olan şöyle bir nokta vardır: Mach ve Einstein, mutlak uzaya göre dönmeyi merkezkaç kuvvetinin bir sebebi olarak kabul etmezler, çünkü mutlak uzay ve eter gözlemlenebilir fiziksel cisimler değildir. Mach ve Einstein'ın savundukları bu tutuma birçokları maddeci bir tutum deme eğiliminde olacaklardır. Bundan dolayı, görelilik kuramının bazı koşullar altında maddeciliği savunmakla suçlanmasına şaşırmamak gerekir. Bu suçlamalar, bazı politik sebeplerden dolayı Einstein'ın kuramlarına ve maddeciliğe düşman olan gruplar tarafından yöneltilmek zorundaydı. Bu bağlamda, Almanya'da Nazi hükümeti altındaki yönetici partinin desteklediği felsefenin taraftarları arasında bu tutuma rastlamak beklenmedik bir durum değildir. Öğretiyi yaymak amaçlı yapılan konuşmalardan birinde[28] konuşmacı şöyle demiştir:

Doğanın görüngülerinin genel bir görelilik ilkesini takip ettiği ifadesi, akıl ve tine dair kökten maddeci bir tutumun ifadesinden başka bir şey değildir. ... Görelilik Kuramı'na ancak maddeci düşünme yollarıyla yetiştirilmiş bir nesil saygı duyabilir.

Öte yandan, Sovyetler Birliği'nin, bir aşağılama ifadesi olarak "idealist" etiketinin resmi yazarlar tarafından görelilik kuramına yapıştırılmasından hoşnut olmayan bazı fizikçileri, Einstein'a Newton'ın mekaniğinden "idealist ve metafizik" öğeleri temizlemiş olma başarısını atfetmişlerdi ve Einstein'ın

kuramının maddeci yönlerine dikkat çekmişlerdi. Ünlü Rus fizikçi Sergey İvanoviç Vavilov şöyle yazar:[29]

> Newton'a göre uzay, dünya sürecinin oynandığı boş bir sahne olarak nesnel bir biçimde vardı. Kısmen madde, kısmen boşluk ile doluydu. Mutlak zaman da, Newton'a göre, bir tür "arı sezgi" olarak bağımsız bir varlığa sahipti. Bu model, tabii ki Diyalektik Materyalizm ile bağdaşmaz ve kabul edilemezdir. Aslında, Newton'ın uzay ve zamana dair, pek de farkına varılmamış olan metafizik öğretisi, günümüze kadar sahne arkasında durmuştur. Einstein'ın tarihsel değeri, uzay ve zamana dair antik metafizik görüşleri eleştirmesinde yatar.

Bu konudaki yaygın fikir ise, 1919'da, Einstein'ın yerçekimi kuramının astronomiden destek bulmasından sonra, *London Times*'ta yer alan bir yazıyla ifade edilmiştir: "Gözlemlere Dayanan Bilim, aslında bizi öznel idealizmin en saf haline geri götürdü."

4. Görelilik Kuramı Maddeciliği Ne Anlamda Çürütür?

Eğitim, politika ve din alanlarında ileri gelenlerin, Einstein'ın görelilik kuramını, maddeciliğin çürütülmesi için bir silah olarak görmeye ve insanlara yol göstermede etkili bir vasıta olarak kabul etmeye kuvvetli bir eğilimleri olduğunu gördük. Şimdi ise, maddeciliğe karşı çıkmak için geliştirilen sebepleri daha ayrıntılı inceleyeceğiz ve bunların aslında ne derece kuramın bilimsel yönünden çıkarılmış sonuçlar olduğu konusuna açıklık getireceğiz.[30] Bu konuda ortaya konup incelenebilecek dört ana sebep vardır:

1) Gerçek evren üç boyutlu Öklidyen değil, dört boyutlu gayri-Öklidyendir.

2) Madde, maddi olmayan bir şeye, ışıyan enerjiye dönüştürülebilir.

3) Uzayın eğriliği gibi maddi olmayan şeyler, ağır maddi cisimlerin hareket etmesini sağlayabilirler.

4) Teori, maddi cisimlerin nesnel hareketleriyle ilgilenmez; zihinsel süreçlerle, fiziksel nesnelerin tekil gözlemcilerde bıraktığı izlenimlerle ilgilenir.

Yukarıdaki maddelerden birincisine dair argüman genellikle şu şekilde ilerler: 1900 öncesinde, maddeci bilim, dünyada kelimenin alışılmış anlamıyla üç boyutlu, biçimsiz bir töz olan "madde" dışında gerçek olan hiçbir şeyin var olmadığını kabul etmişti. Madde, Öklidyen geometrinin geleneksel kuralları çerçevesinde ele alınabilirdi ve "tinsel" denilebilecek insan "ruhu" veya "aklı" gibi bir tözden tamamen farklıydı. Oysaki görelilik kuramı bu biçimsiz, üç boyutlu maddenin yalnızca bir görüntü olduğunu, arkasındaki "gerçekliğin" ise son derece incelikli, Öklidyen geometrinin yasalarına uymayan, bir "eğriliği" olan, dört boyutlu uzay-zaman sürekliliği olduğunu göstermiştir. Fakat "evrenimiz dört boyutlu*dur*" cümlesindeki "-dir" ekinin, "evrenimiz üç boyutlu*dur*" diyen geleneksel önermedeki "-dir" ekinden tamamen farklı bir anlama geldiğini göz önünde bulundurmamız gerekir. İkinci cümledeki "-dir" geniş zaman eki olarak kullanılmıştır; dört boyutlu bir süreklilikten bahsettiğimizde ise "-dir" ekinin çok karmaşık bir anlamı vardır.

Görelilik kuramının dört boyutlu sürekliliğin rolüyle ilgili ne dediğinin ayrıntılı bir çözümlemesini yapacak olursak şu iddiaya ulaşırız: Üç boyutlu uzay ve tek boyutlu zamanı ayrı ayrı kullanmaktansa dört boyutlu süreklilik kullanılarak, fiziksel deneyimimiz daha sade ve kullanışlı bir yol ile sunulabilir. "Daha kullanışlı bir yol ile" dediğimizde, dört boyutla çalışmanın 20. yüzyıldaki deney ve gözlemlerle iyi bir uyum yakalayan yeni fiziksel kuramlar bulmakta çok faydalı olduğunu söylemiş oluruz. Einstein'ın yerçekimi kuramına dört boyutlu semboller olmadan ulaşmak pek mümkün olmazdı.

Görelilik kuramını dört boyutlu olarak sunan Hermann Minkowski, 1908'de şöyle yazdı:[31] "Bundan böyle kendi için-

de uzay ve kendi içinde zaman birer gölgeden başka bir şey değillerdir ve yalnızca bunların bir tür birlikteliği bağımsız bir varoluşa sahiptir." Bu ve benzeri önermeleri kullanırken bunların sadece analoji bağlamında kullanıldıklarını unutmamamız gerekir. Dört boyutlu uzay-zaman birlikteliğinden her gün yaşadığımız deneyimlerin nesnelerinden biriymiş gibi bahsederiz ve fiziksel bir varlığın gerçek olmasıyla aynı şekilde bunun da "gerçek" olduğunu söyleriz. Ancak, dört boyutlu sürekliliğin, üç boyutlu fiziksel nesnelerin dünyasından daha gerçek olduğunu ileri süren bütün önermeler, "gerçek" kelimesini ya "kullanışlı" kelimesine denk olan saf bilimsel anlamda ya da ortakgörüde kullanılan "gerçek" kelimesine analojik olarak kullanırlar.

Görelilik kuramının dört boyutlu yorumunun maddecilik ile çatıştığını söylemek yanıltıcıdır; daha doğru bir anlatım görelilik kuramının genel ilkelerinin bizim ortakgörü dilimizle formülleştirilmesinin imkânsız olduğunu, çünkü bu dilde *A* ve *B* diye iki olayın tek bir referans sistemine göre eşzamanlı olmasının ifade edilemeyeceğini söylemektir. Alfred North Whitehead[32] şöyle der: "Bugünün düşüncesinde karşılaştığımız yeni durum, bilimsel kuramın ortakgörünün önüne geçmiş olması gerçeğinden kaynaklanmaktadır." Eşzamanlılığın göreliliğinin ortaya konulması, ortakgörü diline genel bilimsel ilke düzeyinde ağır bir darbe indirmiştir. "Önceki bilim," der Whitehead, "yalnızca sıradan insanların sıradan fikirlerini işlemişti." Görelilik kuramı ise bu fikirlerde kökten değişiklikler yapmıştır.

Bu bağlamda (ve yalnızca bu bağlamda), görelilik kuramının maddeciliği çürüttüğünü düşünmeliyiz. Whitehead'e göre, eşzamanlılığın göreceli hale getirilmesiyle, "tüm maddelerin eşzamanlı olarak gerçek oldukları, kesin bir şimdiki anın varlığını kabul eden klasik bilimsel maddecilik büyük

zarar gördü. Çağdaş teoride şimdi var olan eşsiz bir an yoktu". "Şimdiki anda evrendeki bütün maddeler" ifadesi, geleneksel maddeciliğin temel kavramı olduğundan, bu öğreti bilimin tüm ilkelerinin günlük deneyim dilinde formülleştirilebileceği anlamına gelir. Görelilik kuramı durumun böyle olmadığını gösterdiğinden, maddeciliği "çürütmüştür"; "maddenin" ortakgörüdeki anlamının, bilimin tamamının kavramsal temeli olamayacağını göstermiştir.

Görelilik kuramı ortakgörü dilinde verilmez, çünkü bu dilde, mesela bir masanın, farklı referans sistemlerine göre farklı uzunluklara sahip olduğu söylenemez. Görelilik kuramını ortakgörü dilinde sunmak yalnızca analojilere dayanan bir yol ile mümkündür. Örneğin, yukarıda belirtildiği gibi evrenimizin gerçekte dört boyutlu "olduğunu" söylememiz gerekir. Bu dilin bilimsel ve "evrensel" bir dil olmadığını gözden kaçırırsak başımıza iş alabiliriz. Bu karışıklığın dikkat çekici örneklerinden bir tanesi, görelilik kuramının "kadercilik" veya "yazgıcılığı" desteklediğini ileri süren yorumdur. Konuyla ilgili argüman şu şekildedir: Bizim için şimdi meydana gelen bir olay, mesela bir kişinin ölümü, başka bir referans sistemine göre geçmişte meydana gelmiş ve bu bağlamda önceden belirlenmiş olabilir. Bu argüman analojilere dayanan bir dil kullanır. "Şimdi" ve "geçmişte" ifadeleri ortakgörü dilinde yapıldığı gibi kullanılmışlardır; ama aslında bahsi geçen olay yalnızca bir kere gerçekleşir ve katı bilimsel dilde ifade etmek gerekirse, bu olayla çakışan saatler farklı çabuklukta saatler ise kollarında farklı konumlar görülecektir.

Bu konuya dair ikinci argüman daha önce incelenmişti.[33] "Madde" terimini ortakgörü dilinin ve eski fiziğin yaptığı gibi kullanırsak "maddenin" korunmadığı kesindir. "Maddecilik" ile kastettiğimiz, ortakgörüdeki anlamıyla maddenin evreni ezelden beri doldurduğu ve sonsuza kadar baki kala-

cağı düşüncesi ise, "maddeciliğin çürütülmüş olduğu" kesinlikle doğrudur.

"Maddeciliği", bütün doğa kanunlarının ortakgörü diliyle ifade edilebileceğini savunan görüş anlamında kullanırsak, maddi cisimlerin hareketlerinin maddi bir özellik olmayan "uzayın eğriliği" tarafından üretilebileceğini iddia eden üç numaralı argümanı da "maddeciliğin" çürütülmesi olarak ele almakta bir yanlışlık yoktur. "Uzayın eğriliğinin" "maddi olmadığını" belirten önerme, ortakgörü dilinden alınmış olan "maddi olmayan" terimini içerir; ortakgörü dili bir taş veya fil için geçerli olan elle tutulur olma özelliğini taşımayan şeylerin maddi olmadıklarını söyler.

Kısacası, ilk üç argüman bütün doğa kanunlarının ortakgörü dilinde ifade edilebileceği görüşünü çürütür ve bu çürütme kesinlikle Einstein'ın görelilik kuramına bağlıdır. Bu durumu Einstein'ın kendisi,[34] genel doğa kanunlarını formülleştirmekte kullanılabilecek kavramlar sisteminin, günlük deneyimimizi tarif etmeye elverişli kavramlar sistemine, 18. ve 19. yüzyıllarda varsayılandan çok daha uzak olduğunun genel görelilik kuramı tarafından, 20. yüzyıl fiziğinin ayırt edici bir özelliği olarak gösterildiğini ortaya koyarak vurgulamıştır. Einstein'ın üzerinde durduğu nokta şudur:

> Düşüncede, bir tarafta temel kavramlar ve yasalar ile diğer tarafta deneyimimizle ilişkilendirilmek zorunda olan sonuçlar arasındaki uzaklık, mantıksal yapı basitleştikçe –yani yapıyı desteklemek için zorunlu kabul edilen, mantıksal açıdan bağımsız kavramsal öğelerin sayısı küçüldükçe– gitgide daha da büyümektedir.

Dördüncü argümana geldiğimizdeyse, Newton mekaniği nesnel olgularla uğraşırken, görelilik kuramının ne bağlamda duyu izlenimleriyle ilgili bir öğreti olduğunu incelememiz gerekir. Deneyimleri kendisine göre düzenlediğimiz teori ne

olursa olsun, deneyimlere dair tutulan her türlü kaydı duyu gözlemleriyle ilgili bir önerme olarak ifade edebileceğimize şüphe yoktur. Tabii ki çocukluğumuzdan beri deneyimlerimizi duyu gözlemleri yerine "fiziksel nesneler" kullanarak tarif etmeye alışkınızdır. Bir renkli noktalar bileşimi gördüğümüzü söylemektense, bir "masa" gördüğümüzü söyleriz. Bir masanın "bir (*S*) referans sistemine göre üç fit uzunluğunda" olduğunu belirtirsek, masanın katı bir ölçüm çubuğu üzerindeki iki işaret (sıfır ve üç) arasındaki mesafeyi kapladığını ve (*S*) sistemiyle aynı hıza sahip olduğunu söylemiş oluruz. Tam olarak geleneksel fizikteki "bu masa üç fit uzunluğundadır" önermesinde olduğu gibi, bu da katı cisimlerin davranışlarıyla ilgili bir önermedir. Aralarındaki tek fark, görelilik mekaniğinde yapılan ölçümlerin sonuçlarını etkilediği için, ölçüm çubuklarının hızının belirtilmesidir.

Bu önermelerde yalnızca masalar ve ölçüm çubuklarından bahsettiğimizi ve kesinlikle "canlı gözlemcilerden" bahsetmediğimizi unutmamamız gerekir. Gözlemcinin hızı herhangi bir hız olabilir; ölçüm çubuğu üzerindeki işaretlerle masanın kenarları arasında her zaman aynı çakışmayı gözlemleyecektir. Görelilik mekaniğinin önermeleri arasında hiçbir öznel öğe yoktur. Öznellik, yalnızca görelilik kuramının önermelerini ortakgörü önermeleriyle aralarında analojiler kurarak formülleştirme çabalarında işe dahil edilmiştir. Ortakgörü dilimize ait bir ifade olmayan "bir referans sistemine göre uzunluk" demek yerine "(*S*) sistemi içerisindeki bir gözlemci *için* uzunluk" ifadesini kullandık. Bu durumda bir masanın "farklı gözlemciler *için* farklı uzunluklara" sahip olduğunu söyleyebiliriz. "Bir gözlemci için" ifadesi ortakgörü dilinde perspektif, optik yanılsama veya gözlerin zayıf olması gibi çeşitli sebeplerden, bir nesnenin farklı gözlemcilere farklı görünebileceğini ifade edişimize benzer şekilde oluşturulmuştur.

Bu benzerliği kullanmakla, görelilik kuramının aktarılmasına belirli bir sezgisel öğe kattıkları için kesinlikle faydalı olan, ortakgörü diliyle kurulmuş benzerlikler kullanmış oluruz. Ancak bu analojilerin birer analojiden ibaret olduklarını unutup onları katı bilimsel önermeler olarak ele alırsak, analojiler zararlı hale gelir. Her bir önermeye, bu önermenin işlemsel anlamı eklendiği zaman bu ayrım kolayca anlaşılabilir.[35] O zaman ortakgörü analojilerinin, ya anlamsız hale geldikleri ya da katı bilimsel dilin sunduğuyla özdeş bir anlam kazandıklarının farkına varılacaktır. Mesela "gözlemci" tamamen ortadan kaybolacak ya da bir ölçüm çubuğu veya bir saatle değiştirilecektir.

Görelilik kuramının fiziği zihinsel görüngülerle ilgili önermelere indirgediği ve dolayısıyla maddeciliği çürüttüğü söyleniyor. Eğer bu görelilik kuramı için doğruysa, diğer bütün fiziksel kuramlar için de doğrudur. Bu bağlamda, bütün fiziksel kuramlar, zihinsel şeyler olan duyu izlenimleriyle uğraşırlar ve bu şekilde her bir fiziksel kuram maddeciliği çürütür. Ancak, bu duruma ek olarak, görelilik kuramında idealizmi destekleyen ya da maddeciliğe karşı çıkan bir önerme bulunamayacağını anlamak çok önemlidir.

5. Görelilik Kuramı Dogmatik midir?

Sık sık öne sürülen bir iddiaya göre, çağdaş bilimin ayırt edici bir özelliği, gözlemlenen olguların, önermeleri, kuramları veya ilkeleri bize zorla kabul ettirmesidir. Oysaki antik dönemde ve ortaçağda genel önermeler veya ilkeler, kendi içlerinde anlaşılır olarak görülmüş ve bunlar anlamlarını idrak eden herkesçe kabul edilmiştir. Alman fizikçi Johannes Stark ortaya şöyle bir ayrım koymuştur:[36]

> Pragmatik ruh, sürekli olarak yeni keşiflere ve yeni bilgiye yönelir. Dogmatik ruh ise, deneysel araştırmayı susturur; ancak ve-

rimsiz ve usandırıcı, özünde ortaçağın pragmatik doğa bilimine karşı olan, teolojik dogmatizmine benzeyen bir literatür üretir.

Yazar bilimdeki dogmatik ruha tipik bir örnek olarak Einstein'ın görelilik kuramını gösterir; çünkü bu kuram "ışık hızı bütün referans sistemlerinde aynıdır" dogmasıyla işe başlar ve bütün fiziği bu dogmaya göre düzenlemeye girişir. Stark'a göre bu pragmatik bir işlem değildir, çünkü bildiğimiz deneyimlerin tümü bu dogmayla uyuşmazlık halindedir ve bu ikisi arasında sağlanabilecek bir uzlaşma, ancak ölçüm çubuklarının büzülmesi veya hareketin bir sonucu olarak saatlerin geri kalması gibi fazlasıyla yapay hipotezler aracılığıyla olabilir.

"Bilimsel açıdan" bakıldığında, görelilik kuramı kendisi dışındaki herhangi bir fizik kuramından daha dogmatik değildir. Birçok kere, okuyucunun dikkatini fiziğin genel ilkelerinin 1600'den beri, özellikle de 1900'den beri ortakgörü diliyle ifade edilebilecek önermelerden çok uzak olduğuna çektim. Bu önermeler arasında Einstein'ın görelilik kuramının ilkeleri de vardır. Einstein'ın görelilik kuramının belkemiğini oluşturan sabitlik ve görelilik ilkelerinin,[37] deneyimimizin verdiği olgulardan ve hatta fizik bilimcilerinin tasarlayıp yaptıkları deneylerden bile türetilemeyeceği açıktır. Ancak bunların dogma olduklarını söylersek, eylemsizlik ilkesinin de "dogma" olduğunu söylemek zorunda kalırız. Galileo ve Newton tarafından geliştirildiğinde, o da ortakgörü deneyimine çok uzaktı ve temellendirilebilmesinin tek nedeni, verdiği sonuçların hakiki gözlemlerle uyumlu olmasıydı. "Doğa Felsefesi" (örneğin fizik) üzerine yüz yıl önce yazılmış bir ders kitabında, yazar çok doğru bir şeklide, bir sarkacın frekansını uzunluğun bir fonksiyonu olarak verebildiğinden ve bu frekansı verebilen başka bir ilke bilmediğimizden, eylemsizlik yasasının bilimsel olarak desteklendiğini söyler. Aynı

şekilde, sabitlik ve görelilik ilkeleri de güçlerini makul ve anlaşılır olmaktan değil, sonuçlarının yapılmış gözlemlerle uyumlu olmasından alır. Bu sebeple, eğer Einstein'ın ilkeleri dogma ise, eylemsizlik ilkesi ve Newton'ın hareket yasaları büsbütün dogmadır.

Aslında, her fizik teorisi, biçimsel bir sistem olarak "dogmatik" ve hakiki deneyimlerle ilgili bir önermeler sistemi olarak "pragmatik"tir. Tabii ki, ilkeler hakiki duyu deneyimlerinden uzaklaştıkça, teorinin de o kadar "dogmatik" görünmesi gibi niteliksel bir fark vardır. Bunun anlamı, ilkelerin, günlük hayat deneyimlerinden uzak deneyimleri ne kadar çok kapsarlarsa, o kadar dogmatik göründükleridir. Ancak Einstein'ın ilkelerinin geleneksel fiziğin kuramlarından daha "dogmatik" olduklarını ileri süren önerme, günlük deneyimlerimizle kurulan benzerliklerle yorumlanmıştır. "Dogmatik", bu dogmaların, yani sabitlik ve görelilik ilkelerinin, arada bir politik veya dini dogmaların insanlara kabul ettirilmesinde olduğu gibi, bilim insanlarına otoritelerce zorla kabul ettirildiği anlamında yorumlanmıştır. Ortakgörü ile kurulan bu benzerliğe dayanarak, görelilik kuramının takipçilerinin, doğanın kanunlarına dikkatli ve özverili araştırmalar yaparak ulaşmaya çalışmayı bir tarafa bıraktıkları, doğa yasaları için artık doğayı didiklemedikleri, bunun yerine doğayı, fizikçilerin dayatmak istedikleri yasalara uymaya zorladıkları birçok kez söylenmiştir.

Bilimdeki her kökten değişimden sonra olduğu gibi, aşağı yukarı 1900'den başlayarak, bilimin ortakgörü kavramlarından gittikçe uzaklaşıyor olmasını, insanı "doğal" geçmişinden daha da uzaklaştıran, şeytani bir akım olarak değerlendiren bir "felsefe" gelişti. İleride daha ayrıntılı bir şekilde ele alacağımız gibi, her metafiziksel yorum beraberinde ahlaki, dini veya politik amaçlar getirir. Daha genel bir ifadeyle, in-

san davranışlarını arzulanan amaçlara göre yönlendirecek bir planı destekler. Bu bağlamda, kuramın kavramları ile doğrudan duyu deneyiminin kavramları arasında gittikçe büyüyen mesafe, insanın doğa ile bağlantısını koparmaya ve böylece insanı ahlaki ve dini yoldan saptırmaya çalışan "kötü ruhlu" bir girişim olarak yorumlanmıştı.

Burada örnek olarak, zamanında çok okunan ve bazı entelektüellerin önem verdiği türden bir anti-entelektüellik adına etkili olan bir kitabın yazarı, Alman filozof Ludwig Klages'den[38] alıntı yapabiliriz. Bu kitap, Almanları ve diğer kıta Avrupalılarını, gelecekte kabul edilecek olan Nazi felsefesine karşı yumuşatan türden bir felsefeydi. Klages'e göre görelilik kuramı, 20. yüzyıl aklının görünürdeki bilgi arayışında gizlenmiş olan hareket ettirici gücü, iyi görmeyen gözlere bile gösteriyordu. "Bu akıl, doğa yasası denilenleri artık aramaz; bu yasaları kendi zevk ve heveslerine göre dikte eder. Gerçekliğe karşı takındığı tavır, ne kadar başıboş bir gelişigüzelliğe sahipse, o da kesinlikle o kadar mantık dışıdır."

Almanya'daki Nazi rejimi esnasında, Einstein'ın kuramının "dogmatik" olduğu, neredeyse yönetimdeki partinin politikasının bir parçasıydı. Partinin politikasını bilim alanında destekleyen *Journal for the Whole of Natural Science* dergisinde çıkan bir makalede, yazar 20. yüzyıl fiziğinin sahip olduğu sağlıksız özellikleri tanımlar. Yazara göre:

> Deney ile kuram arasındaki temel ilişki, bunlardan ikincisine doğru bir kayma yaşamıştır. Üstelik bu kuram, saf formalist bir şekilde, insanın düşünce ve sezgi formları dikkate alınmadan ve yöntemli düşünmeye sadık kalmadan çalışılmıştır. ...

Kuramın bu dogmatik halinin en çok göze çarpan noktalarından birine örnek olarak, yazar, Einstein'ın görelilik kuramından alıntı yapar.

Başlangıç noktası bir dogmadır; ışığın hızının sabitliği ilkesi. Işığın boşluk içerisindeki hızının, ışık kaynağının ve gözlemcinin hareketlerinden bağımsız olarak sabit olması gerekir. Hatalı bir şekilde, bunun gözlemsel bir olgu olduğu düşünülmüştür.

Einstein'ın görelilik kuramı gibi "dogmatik" kuramların geliştirilmesi ve savunulması, genellikle insanı doğadan saptırıp onu düşmanlarının hazırladığı bir tuzağa çekmeye çalışan bir tür şeytani akla atfediliyordu. Partinin politikasına göre, "pragmatik" ve "dogmatik" bilimler arasındaki ayrım, bilim insanları arasındaki kökten farklılıklara dayanıyordu.

8. BÖLÜM

ATOMİK NESNELERİN HAREKETİ

1. Newton Newtoncı Değildi

19. yüzyılın ilk yarısında, tüm fiziksel görüngülerin (kelimenin en geniş anlamıyla), Newton'ın hareket kanunlarına uyan hareketli parçacıkların bir şemasıyla tarif edileceğinin, büyük bir kesinlikle ortaya konmuş olduğu kabul ediliyordu. Bu demektir ki, parçacıklar "eylemsiz bir sisteme" göre, doğrular boyunca eşzamanlı olarak ve sabit hızla hareket ediyorlardı; bir "kuvvet" etki ettiği zaman ise, parçacıkların sapmaları her bir parçacığın sabit "kütlesi" ile ters orantılıydı. Özel görelilik kuramı, bir parçacık sistemiyle çevresi arasındaki enerji alışverişine bağlı kütle değişimlerini işe dahil ederek, bu tarif kalıbını değiştirdi. Genel görelilik kuramı, "eylemsiz bir sistemi" temel almaz; Newton'ın şemasının bir "yerçekimi kuvvetine" atfettiği hareketleri, eşzamanlı hareketler olarak ele alır.

Newton'ın şemasındaki bu "izafi değişimler", günümüz fiziği açısından çok küçük değişikliklerdir. Bu nedenle, bilim çok küçük parçacıkların hareketleriyle ilgilenmeye başladığı zaman, Newtoncı şemanın nasıl bir kökten değişim geçirdiğini anlamanın önemi büyüktür. Bu değişimler o kadar temelden değişimlerdir ki, "bir parçacığın hareketi" ifadesinin bile var olmaya devam edeceğini söylememiz çok zordur.

Günlük dil sınırları içinde, "bir parçacığın hareketi" önermesinin anlamı çok açık görünür. Tüm dünya uzayını dolduran, çok düşük yoğunluklu, homojen ve esnek bir ortam düşünelim. Sadece bir P_0 noktasında bu ortamın yoğunluğu yüksektir. Zamanla bu azami yoğunluk P_1, P_2 gibi, ortamın başka noktalarında bulunabilir. Kendini P_0'dan P_1'e, P_2'ye vs. nakleder. Ortamın hiçbir parçacığı hareket etmemektedir; yalnızca belirli bir özellik (yoğunluk) nakledilmektedir; fakat bir bütün olarak bu işlem, yani azami bir yoğunluğun bir ortam içerisinde taşınması, bir parçacığın gerçek hareketinden gözlem aracılığıyla ayırt edilemez. İki işlem de parçacığın x, y, z koordinatlarının veya azami yoğunluğun zaman fonksiyonlarına eşitlenmesiyle tarif edilir: $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

Bu iki görüngüyü günlük dilde tarif edecek olursak, bir durumda bir "parçacığın hareket ettiğini", diğerindeyse "hiçbir parçacığın hareket etmediğini" söyleriz. İki tarif de gözlemlenen görüngülerin ortakgörü resimleridir ve eğer elimizde üç fonksiyonun kayıtlarından, yani $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$'den başka bir şey yoksa bu iki resimden hangisinin "doğru" olduğuna karar veremeyiz. Belirli bir x, y, z noktasındaki bir parçacığın varlığını denetlemek için kurulan deney ile azami yoğunluğun varlığını denetlemek için kurulan deney özdeştir. Böyle bir kararı verebilmek için, "gerçek hareket"in yasaları ile "yoğunluğun nakledilmesi"nin yasalarını bilmemiz gerekir. Durum böyle olursa, bu yasalardan her durumda farklı olabilecek gözlemlenebilir sonuçlar türetebiliriz. İki hipotezden birini seçmek, iki yasa sistemi arasında seçim yapmaktır. Belirli bir fiziksel görüngüyü "hareket eden parçacıklar" olarak tanımlamanın, bu parçacıkların hareket ederken uyduğu kanunlar olmadan pek bir anlamı yoktur.

Newton hareket yasalarını yayınladığından beri, orta büyüklükteki cisimlerin hareketlerinin bu yasalarca yönetildiği

kabul edilmiştir. Ancak Newton bu yasaların mümkün olan her türlü parçacığın, mesela çok küçük parçacıkların hareketini kapsayıp kapsamayacağı konusunda hiçbir zaman kesin bir fikre sahip olmamıştır. Yunanların bildiği antik hipoteze göre ışık, ışıma yapan cisimlerden, günlük çevremizden bildiğimiz cisimlerden çok daha küçük olan parçacıkların bir kümesi olarak yayılır. Newton hiçbir zaman bu küçük taneciklerin kendisinin üç hareket yasasına göre hareket ettiği fikrinin peşinden gitmemiştir. *Opticks*'te[1] kendini çok dikkatli bir şekilde ifade eder:

> Işık ışınlarından benim anladığım, ışığın en küçük parçaları olduklarıdır. ... Çünkü ışığın, hem birbirini takip eden hem de eş zamanlı parçalardan oluştuğu açıktır; aynı yerde bir an içinde geleni durdurabilir ve hemen sonra gelenin geçmesine izin verebilirsiniz. ... Geriye kalan ışıktan ayrı olarak tek başına durdurulabilen veya tek başına yayılabilen ya da ışığın geri kalanının yapmadığı veya maruz kalmadığı herhangi bir şeyi tek başına yapabilen veya o şeye maruz kalabilen en az ışığa veya en küçük ışık parçasına, ışık ışını adını veriyorum.

Newton, bir ışık ışınını bir parçacığın veya azami yoğunluğun izlediği yol olarak tanımlamaz. İzlenen yolun şeklini bir parçacığa veya başka bir şeye dair herhangi bir yasadan türetmez. Ortaya izlenen yolların şeklini belirleyen bir belitler dizisi koyar. "Işık ışınlarının kırılabilirliğini", "saydam bir ortamdan çıkıp başka bir saydam ortama girerken yollarından çıkarılma eğilimleri" olarak tanımlar. Ayrıca "geliş açısıyla kırılma açısı ya tam ya da yaklaşık olarak verilmiş bir oran içerisindedirler" diye bir beliti de kabul etmiştir. Bu orana n (kırılma katsayısı), geliş ile kırılma açılarına da sırasıyla α ve α^1 dersek, bu belite göre $\sin\alpha/\sin\alpha^1 = n$ olur. Işık havadan suya geçerken, deneylerden öğrendiğimiz kadarıyla $\alpha > \alpha^1$

veya $n > 1$ olur. Bu belit, bir ışık ışınının homojen bir ortamda (hava veya su) bir doğru şeklinde olduğuna işaret eder.

Bunun yanında, Newton, ışık ışınları ince ve saydam bir plakadan geçtiğinde oluşan aydınlık ve karanlık çizgilerin yasalarını tarif edebilmek için, gelen ışığın iki ortam arasındaki sınırı geçerken kırılmasıyla ilgili bir belit verir:

> Tüm ışık ışınları, herhangi bir kırıcı yüzeyden geçişleri sırasında belirli bir geçici evreye girerler; bu evre ışının ilerleyişi sırasında eşit aralıklarla yeniden ortaya çıkar ve her geri gelişinde ışının bir sonraki kırıcı yüzeyden kolayca geçişini düzenler. ... Herhangi bir ışının iletilme eğiliminin yeniden ortaya çıkmasına "kolay iletilmeye uygunluk" adını vereceğim ve bir geri dönüş ile diğeri arasında ışının geçtiği uzaya da "uygunluk aralığı" diyeceğim.[2]

Tabii ki bu aralık bugün bir ışık ışınının "dalga boyu" dediğimiz şeydir.

Newton'ın *Opticks*'ine göre, ışığın parçacıklarının hareketinin Newton'ın üç yasasına göre belirlendiğini kesinlikle söyleyemeyiz. Şimdiki terminolojiyi kullanarak bu kuramın optik görüngülere dair bir tanecik kuramı mı yoksa dalga kuramını mı olduğunu belirlemek çok zordur. Fakat Newton ışık ışınlarına dair görüngülerin, onları parçacıkların veya bir ortamdaki azami yoğunlukların izledikleri yol olarak ele alan bir hipotezden türetilmesinin cazip olacağının farkındaydı. *Opticks*'te planının, "ışığın özelliklerini hipotezlerle açıklamak değil, onları akıl ve deneylerle ortaya koymak ve kanıtlamak" olduğunu açıkça belirtmiştir. Burada dikkat edilecek ilginç nokta bizim 3. Bölümde geometriden bahsederken kullandığımız yönteme Newton'ın "akıl ve deneyle ispat yapma" diyor olmasıdır; diğer yandan *Opticks*'te "hipotezle açıklamak" dediğinde, gözlemlenebilir olguların, ya parçacıkların hareketine dair bir kuramdan ya da azami yoğunluğun taşınmasına dair bir kuramdan türetilmesini kasteder.

Opticks'in sonundaki "sorgulamalarında",[3] Newton iki ihtimalin de üzerinde durur. Tabii ki Newton için öncelikli olan hipotez, ışık taneciklerinin, onun üç hareket yasasına göre hareket ettiklerini varsayan hipotezdi. Bu durumda, bir ortamın (hava veya su) parçacıklarının hareket eden ışık taneciklerine uyguladığı kuvvetlerle ilgili bir yasanın ortaya konulması zorunludur. Newton bu şekilde kırılma yasasına ulaşmıştır. Taneciklerin havadaki hızı c ve sudaki hızı c' olarak alındığında, su parçacıklarının uyguladıkları kuvvetten dolayı ışığın suda hızlandığını ve $c' > c$ olduğunu bulmuştur. Buna dayanarak da $\sin\alpha / \sin\alpha^1 = c^1 / c > 1$ olacağını ispatlamıştır. Dolayısıyla, bir ışık ışınının homojen bir ortamdaki doğrusal halinin, basitçe eylemsizlik yasasına uyduğu görülebilir.

Ancak, bir ışık ışını ince ve saydam bir plakadan geçince ortaya çıkan aydınlık ve karanlık çizgileri de türetmek istersek, bu sonuca üç hareket yasasından ulaşamayız. Çünkü bunlar Newton'ın "kolay iletilmeye uygunluk" dediği şeyin hesabını vermezler. Bundan dolayı, Newton fazladan bir yasa daha ileri sürmüştür:

> Işık ışınlarının kolay yansıma ve iletimi için, tek gerekli olan, çekim güçleri veya başka bir kuvvet aracılığıyla etki ettikleri şeyde titreşimler yaratan küçük cisimler (parçacıklar) olmalarıdır. Yarattıkları titreşimler, ışınlardan daha hızlı oldukları için, ışınlarda değişikliklere sebep olur, onların hızlarını artırıp azaltarak ışınlara kolay yansıma ve kırılmaya uygunluk kazandırırlar.[4]

Bu sonuca Newton'ın üç hareket yasasından kesinlikle ulaşılamaz, çünkü uygunluk aralığı herhangi bir kuvvet yasasında yer almaz. Kısacası, Newton kendi hareket yasalarının ışık taneciklerinin hareketine ulaşmak için yeterli olduklarını kesinlikle düşünmez. Bu bağlamda, Broglie'nin dalga mekaniğine benzerliği inkâr edilemeyecek olan, fazladan bir yasa ileri sürmüştür.

2. "Kritik Deney" Işığın Tanecik Kuramına Karşı

Newton'ın zamanında, tanecik hipotezinden başka, kırılma yasasını ve diğer optik yasalarını, ışığın, azami yoğunluğun taşınması olduğunu veya daha genel haliyle, bütün dünya uzayını dolduran esnek bir ortamdaki yoğunlaşmalar olduğunu varsayarak türeten bir hipotez de vardı. Eğer böyle bir ortamdaki bir *P* noktasında azami bir yoğunluk üretilirse, bu yoğunluk, *P* merkezde olmak üzere eşit yoğunluklu küresel yüzeylere yayılacaktır. Dolayısıyla, böyle bir azami yoğunluk noktasının nasıl olup da ışık ışınlarının yaptığı gibi bir doğru boyunca hareket edebildiğini anlamak kolay değildir.

Işığın, bir ortamdaki yoğunlaşmaların veya basıncın taşınmasından ibaret olduğunu ileri süren bu hipotez, Huygens[5] tarafından yansıma ve kırılma yasalarını verebilen ve doğrusal ışınların özel durumunu da içeren bir kurama dönüştürülmüştür. Bunu yapabilmek için Huygens, basınçların hangi koşullar altında birbirlerini yok ettiklerini veya güçlendirdiklerini veren bir hipotez ileri sürmek zorunda kaldı. Bu hipotez Huygens'in ilkesi olarak bilinir ve tüm başlangıç düzeyi fizik derslerinde öğretilmektedir. Ancak Newton'a göre, bir hipotezle "en basit görüngülerden biri", yani doğrusal bir ışın, basit bir şekilde açıklanamıyorsa, o hipotez sözü edilmeye değer bir hipotez değildir. Newton şöyle düşünür:[6]

> Işığı, akışkan bir ortamda taşınan basınç veya harekete dayandıran hipotezlerin hepsi hatalı değil midir? ... Çünkü, basınç veya hareket, bir akışkan içerisinde, hareketi kısmen durduran bir engelin ötesine doğrular halinde yayılamazlar; bunun yerine engelin ötesinde ... eğileceklerdir.

Akışkanlar mekaniğine göre havadaki yayılma hızı (c) sudaki yayılma hızından (c') büyüktür; $c' < c$. Huygens havadan suya geçen ışık ışınlarının $\sin\alpha / \sin\alpha^1 = n = c/c^1 > 1$ yasasına

göre kırıldıkları önermesine ulaşmıştır. Kırılma katsayısı olan *n*, gözlemlenen ve tanecik kuramından türetilene göre 1'den büyüktür. Ancak bu hipoteze göre $n = c / c^1$ iken tanecik hipotezine göre $n = c^1 / c$ olur. $c > c'$ mü yoksa $c' > c$ mi olduğunu, yani ışığın hızının suda mı yoksa hava da mı daha büyük olduğunu ölçebiliyor olsaydık, iki hipotezden birini seçebileceğimiz açıktır.

Oysaki böyle bir ölçüm Newton ve Huygens zamanında hiç mümkün görünmüyordu. Işık hızını ölçmek için karasal yöntemler geliştirilince, Arago 1838'de ışığın "maddi bir cisim" mi yoksa bir bozulmanın esnek bir ortam boyunca yayılması mı olduğuna kesin olarak karar verecek bir "kritik deney" yapılmasını tavsiye etti. Basıncın veya yoğunluğun yayılması kavramının yerine, enine titreşimlerin yayılması konulmuştu ama yayılma hızı meselesi temelde aynı kalmıştı. Arago tasarısıyla ilgili şöyle yazdı:[7]

> Tarif edeceğim deneyler sistemi, bana göre, iki rakip kuram arasında seçim yapmamıza olanak tanıyacaktır. Doğa felsefesinin en büyük ve en çok tartışılan sorularından birine matematiksel bir cevap verecektir.

"Matematiksel" derken Arago'nun demek istediği, tasarladığı deneylerin sonuçları gözlemlendikten sonra, kararın "mantıksal" olarak verilebileceğidir. Bir *A* teorisinden belirli bir aydınlık noktanın sola kayacağı sonucu çıkıyor, rakip teori ise noktanın sağa kayacağını söylüyorsa, yapmamız gereken şey noktanın hangi yönde hareket ettiğini gözlemlemektir. Eğer sağa doğru kayarsa, mantıksal olarak varacağımız sonuç noktanın sola hareket etmediğidir. Buradan da, yine mantıksal olarak, *A* kuramının, doğru sonuç çıkarma yöntemlerinden yanlış sonuçlara vardığı bilgisine varırız. Ve yine mantıksal olarak *A*'nın yanlış olduğunu çıkarırız. Ancak

tanecik kuramı olan *A* ile dalga kuramı olan *B* mümkün olan teorilerin tamamı değillerdir. Dolayısıyla, incelemekte olduğumuz durumda, *A* kuramının yanlış olması *B* kuramının geçerli olduğunu zorunlu olarak vermez.

Bu deneyi 1850'de gerçekleştiren Léon Foucault'nun alıntılamış olduğu Arago'nun kendi tarifi aşağıdaki gibidir:[8]

> Düşeyde aynı çizgi üzerinde birbirlerine yakın olarak yerleştirilmiş, ışık salınımı yapan iki nokta, dönmekte olan bir aynanın karşısında aynı anda parlıyor. Üstteki noktadan salınan ışınlar, aynaya, su dolu bir tüpten geçtikten sonra ulaşıyor; alttaki noktadan çıkan ışınlar, hava dışında herhangi bir ortamdan geçmeden aynaya ulaşıyor. Aynanın, gözlemcinin gördüğü haliyle, sağdan sola doğru döndüğünü varsayalım. Işığın yayılma kuramı (parçacık kuramı) doğru ise, yani ışık madde ise, üstteki nokta alttaki noktanın solunda görünecektir (dönmekte olan aynadan yansıdıktan sonra); ancak, ışık eterimsi bir ortamda yayılan titreşimlerin sonucu ise, üstteki nokta alttaki noktanın sağında görünecektir.

Arago, tasarladığı deneyin bir "*experimentum crucis*" (kritik deney) olduğu iddiasını olabildiğince açık bir şeklide ifade etmeye çalışır:

> Üstteki noktanın görüntüsü, diğer görüntünün solunda mı görünüyor?
> Öyleyse, ışık bir cisimdir.
> Durum bunun tam tersi mi? Üstteki noktanın görüntüsü sağda mı görünüyor?
> Öyleyse, ışık bir dalgadır.

Foucault, deneyi gerçekleştirdiği zaman, üstteki noktasal ışık kaynağının görüntüsünün sağda oluştuğunu gördü. Buna dayanarak ve Arago'nun mantıksal argümanına uygun olarak, ışığın hareketli parçacıklardan oluş*ma*dığı sonucuna vardı. Ancak tabii ki, ışığın bir ortamdaki dalga hareketi oldu-

ğu sonucuna varamayız; çünkü bu kuramın parçacık kuramı dışındaki tek seçenek olduğunu kanıtlayamayız. Öte yandan Young[9] ve Fresnel'in[10] geliştirdiği biçimdeki dalga kuramı dışında hiçbir kuram üzerinde durulmamıştır: Işık enine dalgaların elastik bir ortamda yayılmasıdır. Kısaca söylemek gerekirse, Foucault'nun 1850'de yaptığı deneyin Young-Fresnel dalga kuramını kesin olarak desteklediği kabul edilmiştir.

Katı ve mantıksal olarak konuşacak olursak, bu deneyin yalnızca dalga kuramının doğru *olabileceğini* kanıtladığını söyleyebiliriz. Eğer "kritik deneyin" dalga kuramının *büyük ihtimalle doğru* olduğunu gösterdiğini ileri sürersek, bu önerme ancak hangi varsayımlar altında kuramın doğru olacağını sıralayabilirsek doğru olur. Tabii ki buradaki varsayım, çok sayıda deneyin desteklediği ve hiçbir deney tarafından reddedilmemiş olan bir kuramın büyük ihtimalle geçerli olduğudur. Fakat bunun geçerli olabilmesi için de şöyle bir varsayım yapmak gerekir: Çok iyi desteklenmiş ve hiç reddedilmemiş bir kuramla aynı özellikleri taşıyan başka bir kuramın var olması ihtimali çok düşüktür. Arago'nun "kritik deneyi", yalnızca Newton'ın ışığa dair tanecik kuramının tek rakibinin Young ve Fresnel'in dalga kuramı olduğunu varsayarsak dalga hipotezinin geçerliliğini kanıtlar. Mantık açısından baktığımız zaman bunun böyle olduğuna inanmak için kesinlikle hiçbir sebep yoktur. Konuya deneysel açıdan bakacak olursak, kesin olarak görürüz ki, ayrıntılı olarak incelenmiş ve deneyle desteklenmiş olan hipotez ve kuramların sayısı her zaman az olmuştur. Bundan dolayı, eldeki kuramların sırayla elenmesiyle, zamanla "doğru" hipoteze ulaşılabileceği gibi bir fikir oluşur.

Az sayıda kuramın var olduğuna dair olan bu inancın kaynağı, muhtemelen kuramlar ve organizmalar arasında kurulan bir analojidir. Hayvanlara bakacak olursak, sonlu sayıda

tür olduğunu ve aralarındaki farklılıkların da sonlu sayıda olduğunu görürüz. Mesela, bir fil ile devekuşu birbirlerinden çok farklıdır; birinden diğerine kesintisiz geçiş yapmak mümkün değildir. Belirli bir hayvanın bir fil olup olmadığına karar vermemizi sağlayacak bir "kritik deney" hayal etmek hiç zor değildir. Yapılması gereken tek şey bu hayvanın bir hortumu olduğuna emin olmaktır; çünkü filden başka hiçbir hayvanda hortum bulunmaz. Bir hayvanın fil olduğunu kanıtlamak için böylesine üstünkörü bir deney yeterlidir. Fillerinki gibi hortumları olup da devekuşu gibi görünen hayvanlar yoktur. Bundan başka, bir hayvanın üzerinde bir devekuşu tüyü varsa, onun bir devekuşu olduğuna emin olabiliriz; çünkü bir adet devekuşu tüyüne sahip olup buna rağmen fil olan hiçbir hayvan yoktur. Duhem'in,[11] biyolojide "kritik deneyler" olduğunu, fakat fizikte olmadığını ileri sürerken anlatmak istediği muhtemelen bu durumdur.

Bütün bu değerlendirmelerden açıkça anlaşıldığı gibi, Arago'nun "kritik deneyi", Fresnel'in oraya koymuş olduğu ışığın dalga kuramının geçerliliğini yalnızca çok sınırlı varsayımlar altında "ispat" eder. Deneyin, Newton'ın ortaya koymuş olduğu ışığın parçacık kuramını kesin olarak reddettiğini iddia edecek olursak, bu "reddetmenin" de çok sınırlı ve keyfi varsayımlar altında olduğunu anlamamız gerekir. Gerçekte Arago'nun deneyi, sudaki ışık hızının havadakinden daha büyük olduğunu ileri süren tüm hipotezleri "reddetmiştir". Ancak bu durumu veren, tek başına parçacık hipotezi değildir; buna eklenmiş olan, parçacıkların Newton'ın yasalarına göre hareket ettiklerini ve sudan geçerken hız kazandıklarını ileri süren hipotezdir. Eğer yapılan gözlemler artan hız fikrini desteklemezse, parçacıkların başka yasalara göre hareket ediyor olması ya da suyun onlara etkisinin başka yasalara göre olması durumlarında, sonucun yine artan hız olup olmayaca-

ğını söyleyemeyiz. Sonuç olarak, Arago'nun deneyi yalnızca şu üçünün birleşimini "reddeder": Parçacık hipotezi, hareket yasaları ve sudaki kuvvet yasaları. Dolayısıyla, parçacık hipotezinin kendisinin reddedilmediğini herhangi bir mantıksal çelişkiye düşmeden varsayabiliriz. Hareket için ve sudaki kuvvet için başka yasaların varsayılması durumunda, bu hipotezi muhafaza etmek mümkündür.

Arago'nun kritik deneyine dair düşünceler, özetle bize bu deneyin Fresnel'in dalga kuramından türetilen bütün görüngülerin hesabını verebilecek bir parçacık kuramının imkânını ortadan kaldırmadığını söylerler. Ancak, parçacık kuramı ile dalga kuramını yeni bir sınava tabi tutan başka bir kritik deney düzenlenene kadar, yeni bir kuram geliştirilmedi; ve bu yeni deneyle, bu sefer de dalga kuramı reddedildi.

3. İkinci Bir "Kritik Deney"

Foucault'nun 1850'deki deneyinden sonra ve James Clerk Maxwell[12] ile Heinrich Rudolf Hertz'in[13] çalışmaları ışığında elastik titreşimlerin yerine elektromanyetik titreşimlerin konulmasıyla, dalga kuramı genel olarak kabul gördü. Ancak 1902'de parçacık kuramı ile dalga kuramı arasında bir seçim yapabilecek başka bir "kritik deney" yapıldı. Philipp Lenard[14] yaptığı deneyin öneminin Arago kadar farkında değildi. Bundan dolayı 1905'te Einstein,[15] fizikçilerin dikkatini bu konuya çekene kadar Lenard'ın deneyinin kritik olduğu düşünülmedi. Bizim, bu deneyi ışığa dair iki kuram arasında seçim yapmanın temelini sağlamak için tasarlanmış kritik bir deney olarak görmemiz gerekir. Arago'nun deneyinin sonucu, kendisinin aksine bir sonuç verecek ikinci bir "kritik deneyin" yapılmasına engel olmamıştır.

Işığın, ışıma yapan bir P noktasından yayıldığını ve r uzaklığında, küçük bir a alanına sahip, ışınlara dik bir düzlem

olan bir ekran tarafından emildiğini varsayarız. *P*'den birim zamanda yayılan enerji *L* (parlaklık) ise, *a*'ya birim zamanda çarpan enerji $La/4\pi r^2$ olur (ışığın *r* uzaklığındaki dağılımı $4\pi r^2$ yüzeyine sahip bir küre olduğundan). Şimdi de ekrana birim zamanda çarpan ışıyan enerjiyi ölçebileceğimizi varsayıyoruz. Dalga kuramının doğru olduğunu varsayarsak, *L* bir sabittir ve $La/4\pi r^2$ *r*'nin artmasıyla sonsuz küçüklüğe ulaşır. Ekranı gittikçe daha uzağa çekecek olursak, birim zamanda çarpan ışık enerjisi sıfıra doğru gider. Ancak *P*'nin "parçacıklar" yaydığını varsayarsak, mesela birim zamanda *n* tane parçacık yayıyorsa ve bunların her biri *l* enerjisine sahipse, sonuç farklı olacaktır: Birim zamanda ekrana ulaşan enerji $nla/4\pi r^2$ olur, fakat ekran tarafından emilen enerji hiçbir zaman tek bir parçacığın enerjisinden küçük olamaz ($n = 1$). Eğer bütün parçacıklar ekranın kenarından geçip giderse sıfıra eşit olabilir ($n = 0$).

Dolayısıyla şöyle bir deney yapabiliriz: Alanı *a* olan ekranı, *P*'den gittikçe daha uzağa taşırsak, ya emilen ışık enerjisi tüm sınırların altına doğru gittikçe küçülür, ya da asgari bir yere ulaştıktan sonra birden sıfıra düşer. Bu deneyi yapabilmek için çok küçük miktardaki enerjileri ölçebiliyor olmamız gerekir; bu da fotoelektrik etkisi kullanılarak yapılabilir. Işık metal bir yüzeye düşerse elektronlar yüzeyden yayılırlar ve bu "foto-elektronların" enerjisi yüzeyin emdiği ışık enerjisinin bir ölçüsüdür. Daha önce belirttiğimiz gibi, Philipp Lenard metaller tarafından emilen enerjinin her zaman belirli bir seviyenin üzerinde kaldığını buldu;[16] bu seviye gelen bir "ışık parçacığının" enerjisiydi. Dalga kuramına göre, ışık kaynağına olan uzaklık arttıkça emilen enerjinin sıfıra doğru gitmesi gerekir. Lenard'ın deneyi, uzaklık arttıkça emilen ışımanın alt sınırının uzaklıktan bağımsız olduğunu ve yalnızca ışığın rengine (frekansına) bağlı olduğunu kesin olarak gös-

terdi. Bu deney, dalga kuramının Fresnel tarafından sunulan klasik halini "reddetti" ve bir "parçacık kuramının" mümkün olduğunu kanıtladı.

Burada varsayılan "parçacık kuramı" Newton'ın kuramından farklı olarak, maddenin parçacıklara uyguladığı çekim için herhangi bir yasa içermiyor ve yalnızca bunların boş uzayda doğrular halinde hareket ettiklerini varsayıyordu. İki "kritik deneyin" sonuçlarını özetlersek, hem parçacık kuramı hem de dalga kuramının klasik hallerinin bu deneyler tarafından reddedildiğini not düşmemiz gerekir. Doğru kuramın ikisinden de farklı olması gerekir. Bu "klasik" kuramların biri veya diğerinden çıkarılan çok sayıda sonucun deneyle desteklenmiş olmasından dolayı, yeni teorinin hem parçacık kuramının bazı özelliklerini hem de dalga kuramının bazı özelliklerini taşıyacağı açıktır. Bu demektir ki yeni teori belirli koşullar altında eski kuramlardan biriyle aynı sonuçları verecektir; ancak yeni teorinin eskilerin bir tür "toplamı" olduğunu veya bazılarının dediği gibi ışığın aynı anda hem "dalga" hem de "parçacık" olması gerektiğini söylemek için hiçbir mantıksal sebep yoktur.

Einstein[17] 1905'te bu "ikinci kritik deneyin" dalga kuramını "reddettiğine" dikkatleri çektiğinde, kuramda olabildiğince az değişiklik yapmaya çalıştı. "Yenilenmiş" dalga kuramını Lenard'ın deneyiyle uzlaştıracak değişiklikler yapmak zorunda kaldı. Klasik dalga kuramına göre küresel bir dalga yüzeyindeki titreşim enerjisi eşit alanlar için eşit değere sahiptir, fakat bu değer sıfıra olan uzaklık arttıkça azalır. Bu sonuç Lenard'ın deneyiyle çürütülür. Einstein enerjinin dalgaya homojen olarak yayılmadığını, bunun yerine elektromanyetik ışımanın bir parçası olan ve ışık hızıyla hareket eden, ışık nicemleri veya *fotonlar* denilen bölgelerde yoğunlaştığını varsaydı. Bu tabii ki elektromanyetik alanın temel

yasalarıyla alenen çelişir. Işık kaynağıyla arasında çok büyük bir uzaklık olan *a* alanlı bir ekrana hiçbir zaman bir fotonunkinden daha küçük bir enerji çarpamaz. Ekranın emdiği toplam enerji, emilen bütün fotonların enerjilerinin toplamıdır ve birim zamanda çok büyük uzaklıklarda ya bir tane foton emilir ya da hiç emilmez.

Lenard'ın deneyi, bir kaynaktan yayılıp metale çarpan ve fotoelektron salınımı yaratan ışığın aslında bu modeli takip etiğini gösterir. Bir yandan dalga kuramını reddederken diğer yandan da ışığın "ışık nicemleri" veya "fotonlar" denilen belirli bölgelerdeki kaynaklardan yayılıyor olması bağlamında parçacık kuramını destekler. Bu deney tabii ki sadece, ışığın bir parçacıklar kümesi halinde yayılmasının kabul edilebilir olduğunu gösterir; fakat bu parçacıkların hareketi Arago'nun kritik deneyiyle anlaşmazlık yaşamamak için Newtoncı yasalara uymalıdır. Dalga kuramını mümkün olduğunca az değiştirmek için, Einstein ışığın bir dalga yayılımı olarak kalması gerektiğini varsaydı; artık ışık elektromanyetik dalgaların yayılımıydı ama enerji dalga içerisinde homojen olarak dağılmamalıydı. Bölgeler halinde yayılacak öyle bir enerji yoğunlaşması olmalıydı ki hiçbir zaman bir ekrana bir bölgeden daha azı çarpmamalıydı. Işığın frekansı aynı kaldığı sürece her bir bölgenin sahip olduğu enerji eşittir. Lenard'ın deneyi her bir bölgenin enerjisinin ışığın frekansıyla orantılı olduğunu gösterdi: $E = hv$; burada E bir bölgenin enerjisi, v tek renkli olması gereken ışığın frekansı ve h Planck sabiti denilen evrensel bir sabittir.

4. Işık Nicemleri için Hareket Yasaları

Fotonlar, elektromanyetik dalganın bir parçası olduklarından ışık hızıyla hareket ederler. Bu durum, Newton mekaniğinde görülen parçacıklarınkinden çok farklıdır; bu parçacıklar

hareketsiz halde olabilir veya herhangi bir hıza sahip olabilirken, fotonlar her zaman ışık hızıyla ilerlerler ve hiçbir zaman hareketsiz halde olamazlar. Bir ekranın tuttuğu fotonlar, emilen toplam ışık enerjisini belirler. Bu durumda tüm optik görüngüler artık fotonların hareketleriyle tarif edilecektir. Daha önce belirttiğimiz gibi, ışığın "parçacıklardan" meydana geldiğini söylemenin, bu parçacıkların hareket yasaları ortaya konulmadığı sürece kesin bir anlamı yoktur. Şimdiye kadar fotonların Newtoncı parçacıklara hükmeden hareket yasalarından çok farklı yasaları takip ettiklerini öğrendik; bunu daha da ayrıntılı inceleyeceğiz. Fotonlara "parçacık" adını verip vermemek bir bakıma bir tercih meselesidir.

Dalga kuramı, en önemli optik görüngülerin hesabını vermekte başarılıdır. Fotonların işe dahil edilmesinin bu durumu değiştirmemesi gerektiği açıkça görülebilir. Her bir optik görüngü, nihayetinde bir ekran üzerindeki aydınlık ve karanlık bölgelerin dağılımı olarak veya aydınlığın ya da aydınlığın eksikliğinin belirli bir cisim üzerindeki fiziko-kimyasal etkisi olarak tarif edilebilir özelliktedir. Olağan koşullar altında fotonların, dalga kuramından türetilen aydınlık ve karanlık alanların aynısını vermelerini sağlayacak hareket yasalarına uymalarını beklememiz gerekir. İkinci "kritik deneyimizden" öğrendiğimiz kadarıyla, ışık enerjisinin yoğunluğu çok küçülürse dalga kuramı yanlış sonuçlar verir. Gözlemlenen alana az sayıda foton çarpıyorsa, fotoelektrik etkisi dalga kuramına uymaz.

Dalga kuramının verdiği sonuçlar arasında en tipik olanlar ışığın girişimi ve kırınımıdır. Bunlar gözlem sonuçlarıyla uyumludur. Aslına bakarsanız, bu deneysel gözlemler dalga kuramının en ikna edici kanıtları olmuşlardır. Çok büyük genellemeler yapmaya girmeden, tipik bir kırınım deneyini tarif edelim: Işığın bir diyafram üzerindeki iki yarıktan geçişi.

İki yarık arasında küçük bir *a* uzaklığı olsun ve ışığın dalga boyu da λ olsun. Yarıklardan geçmenin ışık üzerindeki etkisini denetlemek için, diyaframın ötesinde, diyaframa *D* uzaklığında bir ekran dikelim. Eğer ışık ışınları demeti diyaframa dik ise, ekran üzerinde aydınlık ve karanlık çizgilerden oluşan bir desen gözlemleriz. Merkezdeki aydınlık çizgi ile ona paralel olan diğer aydınlık çizgiler birbirlerinden koyu çizgilerle ayrılırlar. Eğer dalga boyu olan λ yarıklar arasındaki mesafe olan *a* ile karşılaştırıldığında küçük kalıyorsa, ekran üzerindeki aydınlık çizgiler arasındaki uzaklık yaklaşık olarak $D\lambda/\alpha$ olur.

Dalga kuramı bu görüngüyü (kırınım) şöylece verir: Dalgalar her bir yarıktan diyaframın ötesine geçerler. Bu iki dalga kümesi üst üste binerek, yani "girişim" ile etkileşirler. Dalga tepelerinin buluştuğu yerlerde aydınlık, bir tepe ile bir çukurun birleştiği yerlerdeyse koyuluk elde ederiz. Matematiksel açıdan ifade edersek, yarıkların ikisinden gelen ışık kümeleri arasında bir dalga boyu kadar veya bir dalga boyunun tam katı kadar (λ, 2λ, 3λ...) fark varsa aydınlık elde ederiz; fakat bu fark yarım dalga boyunun tek katı ise (λ/2, 3λ /2...) koyuluk elde ederiz.

Şimdi bu temel optik görüngüyü "foton" kavramını kullanarak tarif etmeliyiz. Ekrana çarpan homojen bir dalga yüzü değil, foton denilen enerji bölgeleridir. Daha önce ekran üzerinde "koyu bölgeler" diye adlandırdıklarımızı artık hiçbir fotonun çarpmadığı bölgeler olarak düşünüyoruz; aydınlık çizgiler ise ekranda çok sayıda fotonun çarptığı bölgelerdir. Diyaframın, gelen ışık demetini iki yarıktan geçen iki demete böldüğünü, sonra da foton kümelerinin her bir yarıktan diyafram ve ekran arasındaki uzaya geçtiğini söyleriz. Fotonlar yarıkta öyle bir şekilde saparlar ki çoğu ekrana aydınlık bölgelerde çarparlar ve koyu bölgelere yalnızca çok az sayıda fo-

ton ulaşır. Daha açık bir ifadeyle, fotonların çoğu ekrana dik olarak yollarına devam eder; büyük çoğunluk $D\lambda/\alpha$ uzaklığı kadar sağa ve sola doğru sapar, daha küçük bir miktar ise $2D\lambda/\alpha$, $3D\lambda/\alpha$... uzaklıkları kadar sapar.

Klasik dalga kuramının bu sonucundan tek bir fotonun hareketi için bir yasa türetmeye çalışırsak çok büyük sıkıntılarla karşılaşırız. S_1 ve S_2 yarıklarının karşılıklı olarak a uzaklığında olduklarını kabul edebiliriz. Eğer tek bir foton bir S_1 yarığından geçiyorsa, yalnızca kısmen S_1 yarığından ve yine kısmen S_2 yarığından geçen bir foton kümesinin çoğu üyesinin ekrana aydınlık bölgelerde çarpacaklarını ve çok azının koyu bölgelere çarpacaklarını biliriz. Ancak sadece S_1'den geçen fotonu ele alırsak, bileceğimiz tek şey bu fotonun ekrana çarpacağı noktanın, ışık kümesinin çarpması sonucunda ekranda elde edilecek son modeli dalga kuramının klasik modeli yapacağıdır. Bu model yarıklar arasındaki a uzaklığı tarafından belirlenir; ancak deneyimizin tek başına S_1 yarığıyla ilgilenen başlangıç koşulları a'yı içermezler. Benzeri bir deneyi S_2 yarığını kullanarak düzenlersek yine aynı sıkıntıya sebep oluruz. İki yarıkla ortaya çıkan kırınımın klasik modelini, belirli bir hareket yasasına göre tekil yarıklardan geçen tekil fotonların hareketlerinin üst üste binmesi olarak değerlendirmek imkânsız görünür.

Öte yandan, şöyle bir deneyi kolaylıkla hayal edebilir ve gerçekleştirebiliriz: Çok yavaş bir şeklide foton yayan, mesela saniyede bir tane foton yayan bir kaynağımız olsun; fotonların elimizdeki iki yarıktan geçişini ve ekrana ulaşmalarını gözlemleyelim. Bu durumda oluşacak çizgilerin aralarındaki $f = D\lambda/\alpha$ uzaklığıyla verecekleri modeli deneyimizin başlangıç koşulları, yani ışık kaynağı, iki yarık ve ekran açıkça belirlerler. Geçen fotonlar büyük sayılara ulaşana kadar beklersek, bu büyük sayıdaki çarpmaların sonucunda çizgilerin

birbirlerinden $D\lambda/\alpha$ uzaklığıyla ayrıldıklarını gözlemleyeceğimizi öngörebiliriz. Yarıklardan birini kapatırsak, bu model ortadan kalkar; yarığın genişliğine göre değişecek bir model gözlemleriz ama burada bu konudan bahsetmeyeceğiz. İki yarığın verdiği çizgilerin modeli, tekil yarıkların verdiği iki modelin üst üste binmesi değildir. Dolayısıyla, tekil bir fotonun izleyeceği yolu belirleyip fotonlar iki yarıktan geçtikleri zaman gözlemlenen olguları türetmemizi sağlayacak bir yasa yoktur.

Bu durum, fiziğin genel modelinde, özellikle de hareket yasalarında çok temel bir değişiklik anlamına gelir. Newtoncı fizik, görelilik kuramı da dahil olmak üzere, fiziğin tamamını parçacıkların izledikleri yollar temeline oturtur; yeni ışık kuramı ise parçacık kavramını (fotonlar) veriyor olsa da, gözlemlenen olguları bu parçacıkların takip ettikleri yollara indirgemez. Yapabileceklerimiz, verilen deney düzeneğinden gözlemlemek üzere olduğumuz olguları türetmekle sınırlıdır; bunları parçacıkların izledikleri yollar aracılığıyla tarif edemeyiz. Bir ışık kaynağı olan L ve bundan yayılan fotonların bir ekran üzerinde oluşturduğu aydınlık bir noktayı değerlendirirken, bu noktayı oluşturan fotonun diyafram üzerindeki S_1 ve S_2 yarıklarının hangisinden geçtiği sorusunun cevabını değişikliğe uğramış yeni dalga kuramında bulamayız. Bu argümanı, Newton'ın hareket yasalarının yerini alacak olan, maddi parçacıkların hareketlerine dair yeni kuramları geliştirdiğimiz zaman baştan başa ve daha ayrıntılı olarak yeniden inceleyeceğiz.

5. Çok Küçük Maddi Parçacıklar için Hareket Yasaları

Evrendeki tüm parçacıkların başlangıç konumlarının ve hızlarının bilgisine sahip olan, her şeyi bilen tine dair ünlü beyanında Laplace, bu tinin aynı zamanda gelişigüzel baş-

langıç koşullarının diferansiyel denkleminin integralini alabilen kusursuz bir matematikçi olmak koşuluyla, Newton'ın hareket yasalarını kullanarak evrenin geleceğini öngörebileceğini iddia etmiştir. Laplace, bu geniş kapsamlı iddiasında, tüm parçacıkların ve hatta küçük atomların bile, Newton'ın gökcisimlerinin hareketlerini türetmek için ortaya koyduğu hareket yasalarına uyduklarını kabul ettiğini açıkça belirtir. 20. yüzyılda atomik fizikteki gelişmeler ise, elektronlar ve çekirdekler gibi atom altı parçacıkların hareketlerinin aslında Newton'ın yasalarından türetilemeyeceğine işaret ederler.

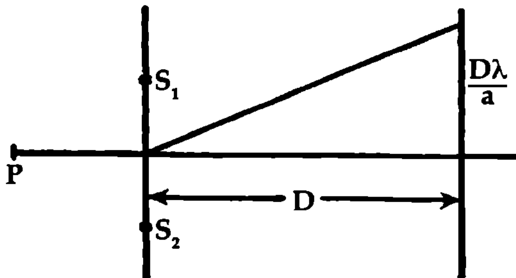
En bilindik örnek, Niels Bohr'un[18] kuramına göre, elektronların hidrojen atomunun çekirdeği etrafındaki hareketidir. Newton'ın yasalarına göre, negatif yüklü elektron pozitif yüklü çekirdek etrafında herhangi bir yarıçapa sahip dairesel hareket yapacaktır; ancak Bohr göstermiştir ki hidrojenin yaydığı spektral çizgiler yalnızca belirli yarıçaplardaki dairesel hareketlerin mümkün olduğunu varsayarsak doğru bir şekilde türetilebilirler. Bu demektir ki Newton'ın hareket yasalarıyla uyum halinde olan yörüngelerin çoğunu kapsam dışı bırakacak yasalar olmalıdır. Basit bir örnek verecek olursak: Hidrojen atomunun durumunda, gözlemlenen spektral çizgilerle uyumlu olanlar sadece $h/2\pi$'ye eşit belirli bir sabitin tam katları olan açısal momentumlara sahip yörüngelerdir; buradaki h bir önceki Kısımda frekansı v olan bir ışık niceminin enerjisinin ifade edilmesinde gördüğümüz Planck sabitidir. Bu hv enerjisi fotoelektrik etkisinde gözlemlenebilir ve dolayısıyla h hesaplanabilir. Bu özel durum geleneksel mekanikten türetilemez. Bunun sonucunda, Newton mekaniğinde nasıl değişiklikler yapılmalı ki, izlenebilecek yollar arasından belirli bazıları tek mümkün olanlar diye seçilebilsin sorusu ortaya çıkar.

Bu meseleyi çözen bir Fransız, o zamanlar eğitimli bir tarihçi ve amatör bir fizikçi olan Louis de Broglie[19] oldu. Brog-

lie dikkatini fotonlara vermişti; bunlar mekanik yasalarımız yerine kırınım yasalarına tabi hareketli parçacıklardı. Dalga boyu engellere veya açıklıklara göre küçük ise, fotonların izledikleri yollar geometrik optikteki ışınlar gibi olurlar ve parçacıkların izledikleri yollar olarak ele alınabilirler. Küçük açıklıklardan veya küçük engellerin etrafından geçerken fotonların yollarını dalga kuramı belirler ve bunun sonucunda yol kavramının tamamen ortadan kaldırılması gerekir. De Broglie'nin fikri küçük parçacıkların hareketini de aynı şekilde değerlendirmekti. Çıkış noktası, optikte çok özel bir görüngü türü olan dalga yüzeylerinin, ışık ışınları demetleri ve onların dikey yüzeyleriyle tarif edilebiliyor olmasıydı. Burada, en genel optik görüngüleri ikinci dereceden diferansiyel bir eşitlik olan "dalga denklemi" ile tarif edilirler. Bu denklemin çözümü, tüm engeller veya yarıklar ışığın dalga boyuyla karşılaştırılınca çok büyük kalıyorlarsa, ışık ışınlarının bir demeti ve dikey bir dalga yüzeyleri ailesi olarak yorumlanabilir. De Broglie, Newtoncı mekanikteki parçacıkların izledikleri yolların optikteki ışık ışınlarının yollarıyla aynı rolü oynuyor olabileceklerini düşündü; belki de izlenen yollar yalnızca çok özel bir hareket türünü tarif ediyorlardı. Mekanikte, ışığın genel dalga kuramının, ışık ışınları optiği veya yörüngelerinde ilerleyen fotonların optiğiyle arasındaki ilişkiyle aynı şekilde, Newton'ın yörüngeler mekaniğiyle ilişkili olan genel bir mekanikle tarif edilen görüngüler olabilirdi.

De Broglie, bu genellemeyi yapmak için, genel dalga kuramının ışık ışınlarının yollarının hesabını vermesiyle aynı şekilde, maddi parçacıkların yörüngelerinin hesabını bir kırınım kuramıyla veren bir tür dalganın kullanılabileceğini varsaydı (bunlara "madde dalgaları" adını verdi; sonradan Broglie dalgaları adını aldılar). Hareket eden bir fotonun dalga boyunun λ olduğu açıktı; bu, fotonun bir parçası olduğu ışık dalgasının dalga boyuydu. Kütlesi m, hızı v olan hareket

halindeki bir parçacığa bir dalga boyu verebilmek için yeni bir hipotez zorunluydu ve de Broglie tarafından sade ve doğal bir hipotez geliştirildi. Einstein fotonları ortaya koyduğu zaman, dikkatini fotonun mekanik momentumuna vermişti. Genel elektromanyetik alan kuramına göre c hızıyla yayılan E elektromanyetik enerjisinin her bir bölümü, çarptığı maddi bir cisim üzerine basınç (ışık basıncı) uygular ve cisme bir p lineer momentumu aktarır. Maxwell'in elektromanyetik alan kuramından bu momentumun $p = E/c$ olduğu matematiksel olarak çıkar. Einstein, bir fotonun momentumunun $p = hv/c$ olduğu (enerji $E = hv$) veya dalga boyu ile v frekansı arasındaki ilişki $\lambda v = c$ olduğundan, $p = h/\lambda$ olduğu sonucuna ulaştı. Diğer yandan, m kütleli bir parçacık v hızıyla hareket ediyorsa (ışık hızı olan c ile karşılaştırılınca küçük kalan bir hız), Newton'ın yasalarına göre bu parçacığın momentumu $p = mv$ olur. De Broglie'nin öne sürdüğü hipotez, bir parçacığın hareketinin, fotonları parçacıkla aynı momentuma sahip bir ışımayla belirlendiğini söylüyordu. Bunun anlamı, bu ışımanın dalga boyu olan λ'ının $p = mv = hv/c = h/\lambda$ ile belirlendiği veya "de Broglie eşitliği" diye bilinen $\lambda = h/mv$ olduğudur.



Şekil 34

Öyleyse, de Broglie'nin parçacıkların hareketine dair yasası şuydu: Eğer m kütlesi ve v hızına sahip parçacıklar, bir

diyafram üzerindeki yarıklar boyunca veya karşılaştıkları engellerin etrafında hareket ediyorlarsa, dalga boyu $\lambda = h/mv$, yani "de Broglie dalga boyuna" eşit olan fotonlarınki gibi davranışlar sergilerler.

Tipik bir deneysel durumu tarif edelim: Bir elektron (yüklü parçacık) kaynağı olan *P*, üzerinde S_1 ve S_2 yarıkları olan bir diyafram ve bu diyaframa paralel *D* uzaklığındaki bir ekran. *P*, S_1 ve S_2 kendisine göre simetrik olacak şekilde yerleştirilebilir (Şekil 34). S_1 S_2 uzaklığı küçükse, *P*'den çıkıp S_1 veya S_2'den geçerek ekrana çarpan bir parçacık yaklaşık olarak diyaframa dik hareket eder. Parçacıkların vuruşlarını gözlemlenebilir hale getirmek için, ekranın çinko sülfürle kaplı olduğunu varsayalım; bu durumda herhangi bir temas parlak bir nokta oluşturacaktır. Bir elektron demeti *P*'den çıkıp yarıklardan geçtikten sonra ekrana çarptığında ne olur? Parçacıkların kütlesi *m* ve hızı *v* ise, *P*'den $\lambda = h/mv$ dalga boyuna sahip bir de Broglie dalgası yayılır; iki yarıktan geçer ve ekran üzerinde merkezinde aydınlık bir çizgi ile buna paralel $D\lambda/\alpha = Dh/mv\alpha$ uzaklığında aydınlık bir çizgi ve daha az aydınlık çizgilerden oluşan bir kırınım deseni oluşturur. Birim zamanda çarpan elektronların sayısı çok büyükse, çizgiler neredeyse anında ortaya çıkarlar. Ancak zayıf bir ışıma varsa ve elektronlar ekrana uzun aralıklarla çarpıyorlarsa, ışıldamalar çoğunlukla merkez bölgede ortaya çıkacak, çizgiler arasındaki karanlık bölgelerde çok nadiren belirecek, sağda ve solda $Dh/mv\alpha$ uzaklığındaki ilk aydınlık çizgilerin bölgesindeyse, karanlık bölgelerdekinden biraz daha fazla görüleceklerdir. Deney düzeneği verili ise, deneyin sonucunu, yani ekran üzerindeki ışıldama noktalarının istatistiksel dağılımını açık bir şekilde hesaplayabiliriz.

Bu, tekil bir parçacık için hareket yasasını bildiğimiz anlamına gelir mi? Tekil bir parçacığın ekranın neresine çarpaca-

ğını söyleyecek bir yasa kesinlikle yoktur; üstelik ekran üzerinde bir nokta seçersek, oraya çarpan parçacığın diyafram üzerindeki S_1 ve S_2 yarıklarının hangisinden geçtiğini bulmanın da bir yolu yoktur. Dolayısıyla, de Broglie'nin kuramının gözlemlenebilir başlangıç koşullarının gözlemlenebilir sonuçlarını belirlediğini, fakat "bir parçacığın yörüngesini" belirlemediğini söyleyebiliriz. Konunun daha iyi anlaşılmasını sağlamak için belirsizlik içeren iki özel durumu ele almak işimize yarayabilir. İlk olarak yarıklardan birinin (S_2'nin) kapalı olabileceğini varsayalım. Tek bir yarığın ortaya çıkardığı kırınımı dikkate almazsak, elektronların S_1'den geçişleri aydınlık ve koyu çizgilerde herhangi bir değişime sebep olmaz. Elektronlar merkezdeki bölgeye "karanlık bölgeyle" aynı sıklıkta çarparlar. Işıldamalar ekran üzerine homojen olarak yayılacaklardır. Öte yandan, iki yarık birbirlerinden çok uzaktaysa, yani *a* uzaklığı λ'ya göre büyükse, ilk çizgi ile merkezdeki çizgi arasındaki uzaklık sıfıra yaklaşır ve çizgiler merkezdeki çizgiyle birleşir. Tüm parçacıklar merkez bölgeye çarpar ve bunun dışında kalan kısım karanlık olur. Deneyin sonucu, S_1 ve S_2 yarıklarından yayılan dalgaların girişimi matematiksel bir araç gibi kullanılarak, gözlemlenebilir başlangıç koşullarından hesaplanır. Bu sonuç bize ekranın herhangi bir alanında kaç tane ışıldama gözlemlememiz gerektiğini söyler ama parçacıkların kaynaktan başlayıp diyafram boyunca ekrana kadar izledikleri yollarla ilgili hiçbir şey söylemez.

9. BÖLÜM

ATOMİK DÜNYANIN YENİ DİLİ

1. Heisenberg'in Belirsizlik İlişkisi[1]

Küçük parçacıklar için hareket yasaları, gözlemlenebilir başlangıç koşulları ve gözlemlenebilir sonuçlar arasında bağlantı kuracak şekilde formülleştirilmişlerdir;[2] bu yasalar "hareket halindeki" parçacıklarla ilgili hiçbir şey söylemezler. Bilim insanı her zaman geleneksel hareket yasalarını mümkün olduğunca uzun süre koruma ihtiyacı duymuştur. Bunlar ortakgörü dilimize nüfuz etmişlerdir ve imkânlar elverdiğince aynı dili kullanmak kesinlikle çok faydalıdır. Ortakgörü dilini kullanırken bilim insanının hayal gücü, her bir sonucun adım adım biçimsel akıl yürütmeyle bulunmak zorunda olduğu soyut bir dille yapılan çalışmaya göre, işini daha kolaylıkla ve tarafsızlıkla yapar.

Diyafram üzerindeki S_1 ve S_2 yarıklarından geçen parçacıklar kümesine yeniden başvurup durumu şu şekilde tarif edebiliriz: Bir dalga iki yarıktan da geçer ve diğer tarafta bir girişim meydana getirir. Bir parçacığın iki yarıktan da geçtiğini söylemek küçük bir parçacığa dair konuşmanın tuhaf bir biçimidir; bundan dolayı parçacığın diyaframdan geçtiğini ve içinden geçtiği yarıklar arasındaki uzaklık a olduğundan,

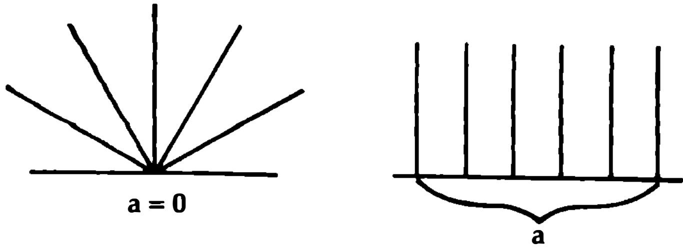
tam olarak geçtiği yerin bir a belirsizliğiyle tarif edildiğini söylemek daha iyi olacaktır. Newtoncı mekanikte hareketin başlangıç koşulları konum (koordinat) ve hızdır (veya momentumdur). Bu veriler biliniyorsa, Newton'ın hareket yasalarıyla gelecekteki hareketi öngörebiliriz. Yukarıda tarif edilen durumda, de Broglie'nin kuramının parçacıkların iki yarıktan geçişine uygulanmasıyla, konumdaki (veya x-koordinatındaki) belirsizliğin a olduğunu öğrendik.

Başlangıç hızında da, daha açık konuşmak gerekirse, başlangıç hızının x-bileşeninde de bir "belirsizlik" var mıdır? Kırınım kuramından, parçacıkların çoğunun diyaframın diğer yanında ekrana dik olarak hareketlerine devam ettiklerini ($y = 0$) ya da bir $\phi = \lambda / a = h / mva$ açısıyla saptıklarını öğrendik. Buna dayanarak, momentumun x-bileşenleri, yani p_x sırasıyla $p_x = 0$ ve $p_x = p_\phi = h / a$ olur. Momentumun değerindeki "belirsizliğin" $p_x = h / a$ olduğunu buradan açıkça görebiliriz.

Bunlardan yola çıkarak, x-koordinatındaki belirsizliği Δ_x ve momentumun x-bileşenindeki belirsizliği Δ_{p_x} ile gösterirsek elde edeceğimiz sonuç $\Delta_x = a$, $\Delta_{p_x} = h / a$, dolayısıyla da $\Delta_x . \Delta_{p_x} = h$ olur. Bu, ilk olarak Alman fizikçi Werner Heisenberg tarafından ortaya konmuş olan "belirsizlik ilkesi" dir. Bir parçacığın koordinatı ile momentumunun belirsizliklerinin Planck sabiti h'ye eşit olduğunu belirtir ($h = 6{,}55.10^{-27}$ *erg – s*). Böylelikle formülün, psikolojik olan "belirsizlik" terimini kullanmadan da pekâlâ ifade edilebileceğini görmüş oluruz. Formül, deneysel-fiziksel bir olgu olan, parçacıkların iki yarık ile kırınımıyla ilgilidir. Bu formülün ortaya koyduğu şey basitçe şudur: S_1 ve S_2 yarıklarının arasında a kadar bir uzaklık varsa, $S_1 \rightarrow S_2$'ye dik olan doğrultudan sapan parçacıkların x-doğrultusundaki momentumları h / a'dır.

Bir sonuca ulaşmak için matematiksel bir şema olan dalgaların üst üste binmesini kullanan ve bu görüngüye dair yasaları, geçiş yapan parçacıklar ışığında ortaya koymaya çalışan kırınım kuramını reddedersek şöyle diyebiliriz: Diyaframdan geçerken parçacıkların yerini belirleyen şey x-doğrultusundaki belirsizliği a olan deney kurulumu ise, diyaframın içinde veya arkasında parçacıkların (x-doğrultusundaki) momentumu bir h/a belirsizliğiyle saptanır. Görüldüğü gibi, "belirsizlikleri" saptayan şey gözlemcinin aklındaki herhangi bir öznel olay değil, deney düzeneğidir.

Konumun belirsizliğine dair iki uç örneği incelemek bizim için öğretici olacaktır. Birinci durumda belirsizlik ortadan kaybolur ($a = 0$); bu durumda tek yarık söz konusudur. Yarığın genişliğinden kaynaklanan kırınımı yine yok sayarsak, parçacıklar diyaframın arkasında bütün doğrultularda eşit miktarda kırınıma uğrarlar. Işıldamalar, ekranı aynı yoğunlukla kaplarlar. Bu durumda momentumların doğrultularında eşit bir dağılım olur; geçiş yapan tekil bir parçacığın momentumunun doğrultusu kesinlikle saptanmamıştır veya tamamen belirsizdir. Diğer bir uç örnekte ise, yarıklar arasındaki uzaklık çok büyük olduğundan λ/a yok sayılabilir. Bu demektir ki $\phi = 0$; tüm parçacıkların momentumları diyaframa dik bir doğrultuya sahiptir (Şekil 35). Birinci durumda momentumun x-bileşeni tamamen saptanmamış durumdadır ve bundan dolayı bir parçacığın hızının doğrultusu da saptanmamıştır. İkinci durumda, parçacığın x-eksenindeki konumu, yarıklar arasındaki a uzaklığı büyük olduğundan ya saptanmamıştır ya da çok az saptanmıştır. Buna karşın, momentum veya hızın doğrultusu kesin olarak, veya neredeyse kesin olarak saptanmıştır ve diyaframa diktir.



Şekil 35

Her iki durumda da, Newtoncı eylemsizlik yasasını, içinde bulunulan durumdan gelecekteki hareketi öngörmek için kısmen kullanabiliriz. Birinci durumda, parçacığın ekrandan geçerken sahip olduğu konumu tam olarak biliriz; öyleyse parçacığın ayrım gözetmeksizin herhangi bir doğrultuda hareket edebileceği sonucuna varabiliriz. İkinci durumda, başlangıç doğrultusunu biliriz ama yarıklardan geçiş sırasındaki konuma dair kesin bir bilgimiz yoktur; o halde tüm parçacıklar ekrana çarpana kadar diyaframa dik doğrultuda hareket etmeye devam edeceklerdir. İlk durumda, Newtoncı mekaniği kullanarak gelecekteki hareketi öngörmek için yalnızca parçacıkların konumunu kullanırız; diğer durumda ise sadece hızı kullanırız. Bu uç örneklerin ikisiyle de ilgilenmiyorsak şöyle bir öngörüde bulunuruz: Bize verilen konumdaki belirsizlik *a*'dır; bundan momentumdaki belirsizlik olan h/a'yı elde ederiz ve bu da bizi iki yarıktan geçen elektronların kırınımına götürür. Eğer $a = 0$ ise, kırınıma uğrayan parçacığın doğrultusu tamamen belirsizdir; *a* belirsizliği arttıkça, en sonunda (büyük bir *a* için) bütün parçacıklar doğrultularında hiçbir belirsizlik olmadan hareket edene kadar kırınım çizgileri gittikçe daha belirli hale gelirler.

Newtoncı mekanikte hareketli parçacıkların başlangıç koşullarının, yarıklardan geçen elektronların başlangıç koşullarından bütünüyle farklı oldukları açıktır. Newton'ın

mekaniğinde, başlangıç koşulları her bir parçacığın konumu ve hızıdır. De Broglie'nin dalga mekaniğine dayanan küçük parçacıkların mekaniğinde başlangıç koşulları, diyaframdaki deliklerce belirlenen, konumdaki belirsizlikler ve bunlara bağlı olarak momentumlardaki belirsizliklerdir. Uç örneklerin ikisinde de başlangıç koşulları şöyledir: Birinci durumda, momentumu tamamen belirsiz olan parçacığın kesin konumu; ikinci durumda, konumunda büyük bir belirsizlik olan parçacığın kesin doğrultusu. Bunu biraz farklı bir yoldan ifade etmek ve bununla birlikte Newtoncı mekaniğin ilkelerini "zayıflatılmış" halleriyle korumak istersek şöyle diyebiliriz: İlk durumda elimizde konumu olan ama momentumu olmayan bir parçacık vardır; ikincideyse elimizdeki parçacığın momentumu vardır ama konumu yoktur. Bunların ikisinde de, durum değişkenlerinden biri (koordinat veya hız) verili olup diğeri herhangi bir değeri alabilecek olan bu örneklere karşılık gelecek sonuçlara doğrudan doğruya Newton'ın yasalarından ulaşabiliriz.

Şimdiye kadar sadece gözlemlenebilir fiziksel olgular üzerine konuşma eğilimi gösterdik. Kullanmış olduğumuz "belirsizlik" kelimesi herhangi bir fizikçinin ruh haliyle değil, gözlemlenebilir olguları parçacıklar aracılığıyla tarif ettiğimizde bir parçacığın koordinatlarını içerecek sınırlarla ilgiliydi. Ancak katı bir şekilde gözlemlenebilir olgularla çalışmaya devam etmek istiyorsak, gözlemlenebilir olgularla tanımlamadan kullanmış olduğumuz "bir parçacığın x-doğrultusundaki momentumu" ifadesinden kurtulmamız gerekir. Gelen bir parçacığın sapma açısı olan ϕ'den bahsettik. Bu ϕ açısını ekran üzerindeki ışıldamaların yerlerini gözlemleyerek ölçebileceğimizi varsaydık. Daha sonra, parçacığın yarıktan bu noktaya belirli bir doğrultuyu takip ederek hareket ettiğini varsaydık ve bu da parçacığın çizgisel momentumu olan

p'nin doğrultusuydu. Bunun ekran üzerindeki izdüşümü olan p_x, *x*-doğrultusundaki momentumdur. Fakat Newtoncı anlamda yarıktan ekrana hareket eden bir parçacık olmadığını biliyoruz. Dolayısıyla gözlemlenebilir niceliklere bağlı kalırsak, φ açısı bir parçacığın momentumunun doğrultusu olarak yorumlanamaz.

Niels Bohr[3] momentumun *x*-bileşenini gerçek bir "işlemsel" tanım sağlayan şöyle bir yoldan tanımlamayı tavsiye etti: Bir parçacık bir yarıktan *v* hızı ve φ açısı ile geçiyorsa, yarıktan geçerken *x*-doğrultusundaki momentum $mv\phi$ olur. Bundan dolayı, parçacık diyaframa *x*-doğrultusunda bir $mv\phi$ momentumu verecektir. Ortaya çıkan kırınım desenini, yani ekrana çarpan parçacıkların ışıldamalarının yerlerini tarif ederken düzeneğin bütününün (parçacık kaynağı, diyafram ve ekran), amacımız bağlamında dünya ile özdeşleştirebileceğimiz, eylemsiz bir sisteme esnek olmayan bir şekilde bağlı bir çerçeveye, katı bir şekilde bağlı olduğunu, açıkça belirtmeden varsayarız. Durum böyle olunca, geçiş yapan parçacıklar tarafından diyaframa aktarılan momentum, diyaframı hareket ettirmeyecektir. Bohr, bu momentumun ölçülebilmesini sağlamak için, diyaframı esnek yaylarla çerçeveye bağlamayı tavsiye etti; bu durumda ekrandan geçen parçacıklar diyaframa çerçeveye bağlı bir hız aktaracaklardı. Orta büyüklükteki bir cisme ait olan bu hız gözlemlenebilir ve bu gözleme dayanarak parçacığın momentumu hesaplanabilir. Böylelikle geçiş yapan parçacığın momentumunun *x*-bileşeninin yeni bir tanımı sağlanmış olur. Ve bu tanım, parçacıkların yarıktan ekrana Newton'ın hareket yasalarına göre hareket ettiklerini varsaymaz.

Artık belirsizlik ilişkisini ekran üzerindeki ışıldamalara hiçbir gönderme yapmayacak şekilde, yalnızca diyaframdan geçen parçacığın konumu ve momentumuyla ifade edebiliriz.

Diyaframın çerçeveye esnek olmayan bir şekilde bağlı olduğunu kabul edersek ve yarıklardan yalnızca bir tanesi açıksa, ekran üzerindeki ışıldamaların desenine dayanarak yarığın çerçeveye göre yerini tam olarak bulabiliriz. İki yarık varsa, kırınım deseni parçacığın yarıklardan geçerken sahip olduğu konumu ve *a* belirsizliğini verir. Ancak diyaframı eylemsiz olan çerçeveye katı değil de esnek bir yayla bağlarsak, parçacıklar geçişleri sırasında diyaframa momentum aktaracaklardır. Bu durumda diyaframın momentumunu, yayın uzaması veya kısalmasıyla ölçebilir ve parçacığın (x-doğrultusundaki) momentumunu Newton yasalarıyla hesaplayabiliriz. Momentuma ek olarak parçacığın geçişi sırasında yarıkların (çerçeveye göre) konumunu da biliyorsak, parçacığın bir anlık konumu ile momentumunu bilebiliriz ve her bir parçacığın ekran üzerinde bir ışıldama oluşturana kadar izlediği yolu Newton'ın yasalarıyla hesaplayabiliriz. Çok büyük sayıda parçacığı gözlemleyip bütün parçacıkların Newtoncı yörüngelerine bakarak nihayetinde kırınım desenine ulaşabiliriz.

Öyleyse kırınım desenine iki ayrı yoldan ulaşabiliriz. İlk başta yaptığımız gibi yarıklardan geçen dalgaların girişimlerini kullanabiliriz veya ikinci bir yol olarak parçacıkların yörüngelerini kullanabiliriz. Bu durumda belirli bir ışıldamayı üreten bir parçacığın izlediği yolu ve bu parçacığın hangi yarıktan geçtiğini bulabiliriz. Ancak diğer taraftan Bohr, bunun bir yanılsamadan ibaret olduğunu ve parçacıkların ekrandan geçişleri esnasındaki momentumlarını ölçmemizi sağlayan bir deney düzeneğinin, yarığın eylemsiz olan çerçeveye göre konumunu ölçme girişimlerinin tümüne engel olduğunu gösterdi. Çarpışan iki cismin (diyafram ve parçacığın), Newton'ın yasalarına uyan orta büyüklükte bir cisim oluşturmadıklarını aklımızda tutarsak bunu görmekte zorlanmayız. Bu ikisi, tıpkı parçacığın kendisi gibi "atomik birer nesne"dirler

ve "belirsizlik ilişkisine" uyarlar. Bu ilişkiye göre böyle bir "atomik nesneye", momentum büsbütün tanımsız olmadığı sürece, (çerçeveye göre) kesin bir konum verilemez. Sonlu bir Δp_x belirsizliği olan bir momentum tanımlayacak olursak, konumun belirsizliği olan Δx için $\Delta x = h/p_x$ eşitliği geçerli olur; ancak diyaframın ve dolayısıyla da yarığın çerçeveye göre konumlarının bir belirsizliği varsa, ekran üzerindeki ışıldamalar, çerçeveye esnek olmayan bir biçimde bağlı olan diyafram örneğinde bulduğumuz basit kırınım desenini artık üretmeyeceklerdir. Çizgilerin oluşturdukları desen bulanıklaşacaktır. Bu demektir ki, kırınım desenini gözlemleyebiliyorsak, parçacıkların ekrandan geçişleri sırasındaki konumlarını ölçebiliriz ama momentumlarını ölçemeyiz. Parçacıkların diyaframdan geçişleri sırasındaki momentumlarını ölçebildiğimiz durumda ise, kırınım desenini gözlemleyemeyiz.

2. Bohr'un Tamamlayıcılık İlkesi

Yukarıda anlatılan durumu Niels Bohr, ünlü "tamamlayıcılık ilkesi" ile ifade etmiş ve genellemiştir.[4] Eğer "atomik nesneler" *P*'deki bir kaynaktan yayılıp bir diyafram üzerindeki yarıklardan geçiyor ve bir ekran üzerinde ışıldamalar üretiyorlarsa, bu görüngü her bir tekil parçacığın *P*'den ekrana bir yol izlerken tabi olduğu yasaları ortaya koyarak tarif edilemez. Böyle bir parçacık için verilecek herhangi bir tanımda, parçacığın her bir andaki konumu ve momentumu sayısal olarak verilebiliyor olmalıdır. "Görüngüyü tarif etmek" dediğimizde, yayılım kaynağını, üzerindeki yarıklarıyla diyaframı ve ekran üzerindeki ışıldamaları tarif ettiğimizi söylemiş oluruz. Bu tarifler, günlük hayatta kullanılan dildeki terim ve ifadelerden fazlasını içermezler.

1. Kısımdaki açıklamalardan öğrendiğimiz kadarıyla, bu görüngüleri her biri tekil bir yarıktan geçecek olan parçacıkla-

rın yörüngeleriyle tarif edemeyiz. Ancak dilimizin çocukluktan beri gelişimi ve temek fizik ile matematiğe gittikçe artan aşinalığımız, bizi bu görüngüleri tarif ederken kullandığımız dile, bir parçacığın "konumu" ve "hızı" (veya "momentumu") ifadelerini dahil etmeye teşvik eder. Niels Bohr, "bir parçacığın konumu" ve "bir parçacığın momentumu" terimlerinin bilindik yoldan kullanılmaları uygulanabilir görünmediğinden, nasıl daha dar anlamda kullanılabileceklerini göstermiştir. Diyafram çerçeveye esnek olmayan bir biçimde bağlandığında, diyaframdan geçen parçacığın konumunu yarığın konumu tanımlar. İki yarık varsa, bu konum bir $\Delta x = a$ belirsizliğiyle tanımlanır. Yarıktan geçmekte olan tekil bir parçacığın momentumu hiçbir şekilde tanımlanmaz. Yarıkların konumunu kullanarak ekran üzerindeki kırınım deseninin konumunu öngörebiliriz. Parçacıkların kütlesi m ve diyaframa dik hızları v ise, bu parçacıklar iki parlak çizgi arasında, bu çizgilere $D\lambda/a$ uzaklığında, parlak ve koyu çizgiler üreteceklerdir (burada D diyafram ile ekran arasındaki uzaklıktır). Tekil bir parçacığın diyaframa paralel olan momentumunun gözlemlenememesi ve hesaplanamaması gibi, hangi yarıktan geçeceği ve hatta hangisinden geçmiş olduğu da bulunamaz.

Ancak diyafram çerçeveye esnek olmayan bir biçimde değil de esnek bir yay ile bağlıysa, tekil bir parçacığın momentumu da ölçülebilir[5] (1. Kısım'da gördüğümüz gibi); ama bu durumda diyaframın ve yarığın çerçeveye göre konumları kesin olarak tanımlanamaz. Atomik nesne ile diyaframın çarpışmalarını ele alacak olursak, bir "iki-cisim problemi"yle uğraşmak zorunda kalırız. Bu iki cisimden bir tanesi "atomik bir nesnedir"; dolayısıyla bu iki cismin oluşturduğu sistem de bir atomik nesnedir. Bu durumda, o da momentuma verilen kesin bir değerin, konumla ilgili herhangi bir önermeye yer bırakmadığını ortaya koyan belirsizlik ilkesine uyar. Eğer

momentum kesin bir Δp_x sınırıyla tanımlanabiliyorsa, konum da $\Delta x = h / \Delta p_x$ belirsizliğiyle hesaplanabilir. Bu demektir ki, tekil bir parçacığın momentumunun yukarıda tarif edildiği gibi ölçülmesi, diyaframın konumunda bir belirsizlik olmasına sebep olur. Bundan dolayı kırınım deseni yalnızca kesin bir belirsizlikle hesaplanabilir. Bu belirsizlik, kırınım desenindeki iki parlak çizgi arasındaki uzaklığın büyüklüğüyle aynı dereceden ise, bu desen tamamen bulanık olur ve pratikte yok sayılır. Yarıkların çerçeveye göre konumlarındaki belirsizlik aslında çok büyük olduğundan, "atomik nesnenin" kaynak ve ekran arasında izlediği yolu bulmaya kalkışmanın kırınım desenini yok edeceğini daha sonra ispat edeceğiz.

Bu düşüncelere dayanarak Bohr, atomik nesnelerin hareketlerini tarif etmekte kullanabileceğimiz kavramsal çerçeveyle ilgili son derece önemli sonuçlara ulaşmıştır. Newton'ın mekaniğinde hareketli bir parçacığın, onu kuşatan cisimlerin hareket durumu ne olursa olsun, her bir anda bir konumu ve bir hızı vardır. Ancak belirsizlik ilkesine dair 1. Kısım'daki açıklamalarımız ışığında, yukarıdaki görüngü tariflerinde "konum" veya "momentum" gibi kelimeleri kullanabilmek için atomik bir nesneyi çevreleyen cisimlerle ilgili özel düzenlemeler varsaymamız gerektiği sonucuna varabiliriz; yani Bohr'un vardığı sonuç budur. Diyafram ve yarıkların, esnek olmayan bağlarla çerçeveye göre hareketsiz olmaya zorlandıkları deneysel durum üzerine düşünürsek, "bir parçacığın belirli bir andaki konumu" terimini tanımlayabiliriz; fakat "bir parçacığın belirli bir andaki momentumu" terimini açıklayamayız. Diğer yandan, deney düzeneği, diyaframla çerçeve arasında esnek yaylarla sağlanmış bir bağlantı ise, "bir parçacığın ekrandan geçerken sahip olduğu momentum" terimini açıklayabiliriz, ama "parçacığın çerçeveye göre konumu" terimini açıklayamayız.

Elimizde, birbirini kapsamayan iki deney düzeneği vardır. Birinci durumda, elimizdeki görüngüyü "bir parçacığın çerçeveye göre konumu" terimini kullanarak tarif edebiliriz; ikinci durumdaki görüngüyü ise "parçacığın ekranı geçerken sahip olduğu momentum" terimiyle tanımlayabiliriz. İki durumda da tanım derken kastettiğimiz, "işlemsel tanım"dır. Görüngülerimizin tarifleri şu türdendir: "Parçacıklar diyaframdan geçerken belirli bir konuma sahiplerse, ekran üzerindeki ışıldamalar belirli bir desene uyacaklardır (kırınım deseni)". İkinci durumdaki tarif şöyle olacaktır: "Atomik bir nesne yarıktan geçerken belirli bir momentuma sahipse, diyafram belirli bir momentumla hareket etmeye başlayacaktır ve onu çerçeveye bağlayan esnek yayı gerecektir." Bu iki deney düzeneği birbirlerini dışlarlar. Bu durumların her birinde atomik nesnelerin kaynaktan başlayıp iki yarık aracılığıyla ekrana kadar gidişlerini farklı yoldan tarif ederiz.

Bohr, bu iki tarifin birbirlerini "tamamladıklarını" söyler. "Tamamlayıcılık ilkesini" bu duruma dayandırmıştır. Bu ilkenin, bu türden basit olaylar için şöyle bir iddiası vardır: Atomik bir nesnenin hareketi, her bir anda belirli bir konum ve hıza sahip olan bir parçacığın yörüngesiyle tarif edilemez. Ancak parçacıkların konumlarını veya momentumlarını kullanan tariflere olanak sağlayan "tamamlayıcı" deney düzenekleri düşünebiliriz. Birinci durumda, biraz yüzeysel bir biçimde de olsa, atomik nesnenin bir konumu olan ama bir momentumu olmayan bir parçacık olduğunu söyleyebiliriz; ikinci durumda ise bunun momentumu olan ama konumu olmayan bir parçacık olduğunu söyleyebiliriz.

Yer yer bilim insanları tarafından da yapılan popüler anlatımlarda, atomik nesnelerin hareketlerine hükmeden yasalar sıklıkla yanıltıcı bir şeklide verilir. Bazı yazarlar, atomik parçacıklara dair günümüzdeki hareket yasalarına göre, bir par-

çacığın konumu ve hızının aynı anda ölçülemeyeceğini söylemişlerdir. Koordinat (konum) ölçüldüğünde momentumu ölçme ihtimali "yok edilir" ve bunun tam tersi de doğrudur. Bu ifadenin yanıltıcı olmasının sebebi, ölçümden önce hem "konumu" hem de "hızı" olan bir "parçacığın" var olduğu ve parçacığın "konumunun ölçülmesinin" "momentumunun ölçülme" ihtimalini yok etmiş olduğu izlenimini bırakıyor olmasıdır. Sonuç olarak, bir atomik nesnenin kendisi, "konum" veya "hız" terimleriyle tarif edilemez. "Var" olmayanın "yok" edilemeyeceği açıktır. Yalnızca atomik nesnenin belirli deneysel düzenlemelerle çevrelenmiş olduğu durumlarda "konum" veya "momentum" terimleri tanımlanabilir; fakat ikisinin birden tanımlanabileceği ve ölçülebileceği bir düzenleme yoktur.

3. "Bir Parçacığın Konumu ve Momentumu" İşlemsel Bir Anlama Sahip Değildir

Bohr'un tamamlayıcılık ilkesinden öğrendiğimiz kadarıyla, belirli bazı deney düzenekleri atomik bir nesnenin "konumunu", bazıları da "momentumunu" tanımlamamıza olanak sağlarlar. Bunlar "işlemsel tanımlar"dır. Bir nesnenin koordinat veya hız bileşenlerine belirli değerler atfeden belirli fiziksel işlemler tarif edilebilir. Bu bağlamda, bir nesnenin "konumunu" bilirsek, bu nesnenin çevresinde yarattığı, bir ekran üzerindeki ışıldamalar veya bir diyaframın gözlemlenebilir hareketi gibi etkilere dair sonuçlar türetebiliriz. Bir tanım ancak bu şekilde kullanılabiliyorsa, ona "işlemsel tanım" diyebiliriz. Bunun anlamı, "işlemsel olarak tanımlanmış" terimin, gerçekten yer aldığı fiziksel yasalar olması gerektiğidir.

Bir "işlemsel tanımın" sağlaması gereken koşulları pekâlâ esnetebilir ve tanımlanan terimin fiziksel yasalar oluştururken gerçekten kullanılması şartından vazgeçebiliriz. Böyle

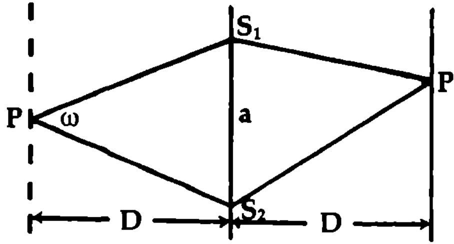
yaparsak, bir atomik nesnenin "konumu" ve "hızı" terimlerini, bir bakıma, Newton'ın fiziğinde bu terimleri tanımlamak için kullanılan işlemlere benzeyen gerçek fiziksel işlemlerle kesinlikle "tanımlayabiliriz". Mesela birbirine paralel iki diyaframdan ikisine de dik bir doğrultuyla geçen atomik bir parçacığı (örneğin bir elektronu) ele alabiliriz. Her bir diyaframda parçacığın geçtiği bir tane yarık vardır. Yarıklar arasındaki uzaklık D olabilir ve parçacığın bu mesafeyi geçtiği süre de T olabilir. Bundan dolayı, nesnenin ikinci diyaframdaki yarıktan geçiş hızı $v = D/T$ ile tanımlanabilir. Bu tanım doğal görünür, çünkü Newton'ın mekaniğinde mümkün olan hız tanımlarından biridir, ancak bu "klasik kuramda", belirli bir andaki konum ve hızı bilmek gelecekteki hareketi hesaplamaya olanak sağlarken, az önce vermiş olduğumuz hız tanımını ($v = D/T$) kullanırsak durumun böyle olmayacağı kesindir. De Broglie kuramından gayet iyi bildiğimiz gibi, yarıktan henüz geçmiş olan bir parçacık, hareketine aynı doğrultuda devam etmeyecek ve kırınım yasasına uygun olarak sapacaktır. Dolayısıyla konum ve hız (burada tanımlanan halleriyle) gelecekteki hareketin doğrultusunu belirlemezler. Bu "hız" herhangi bir fizik yasasında yer almaz. Daha önce tanımını vermiş olduğumuz "işlemsel tanım" sınıfına girmez; hızın bu tanımının atomik fiziğin yasalarını oluşturmaya bir faydası yoktur.

Bu hızın fizik yasalarında yer alması şart koşulmazsa, "hızı" tanımlamanın pek çok farklı yolunu düşünme imkânı doğar. Bu örnek üzerinden düşündüğümüzde, daha genel anlamda, içinde "bir atomik nesnenin konumu ve hızı" terimi geçen hiçbir fizik yasası olmadığını söyleyebileceğimizi görürüz; oysaki Newtoncı fiziğin yasaları "orta büyüklükte maddi bir parçacığın konumu ve hızı" terimini kullanır. Daha basit bir şekilde, "gözlemlenebilen bir cismin konumu ve hızı"

teriminin işlemsel bir anlamı olduğunu, "atomik bir cismin konumu ve hızı" termininse, işlemsel bir anlama sahip olmadığını söyleyebiliriz. Böyle bir ifade, sık kullanılan atomik bir nesnenin konumu ve hızının hiçbir zaman aynı anda ölçülemeyeceği önermesinden çok daha genel ve öğreticidir. "Konumu" ölçerek bu parçacığın hızını ölçme ihtimalini ortadan kaldırmış oluruz. Ölçüm yapmaya "yıkıcı bir etki" atfeden bu ifade biçimi yanıltıcıdır, çünkü bizi "bir konum ve hıza sahip" ve ölçme işleminin sonucunda bir çeşit değişikliğe uğrayan bir parçacığın "var olması" gibi doğru olmayan bir fikre götürür. Bohr'un ifade biçimine göre, bir parçacığın yörüngesi kullanılarak atomik bir nesnenin geçişinin düzgün bir tarifi verilemez ve böyle küçük nesnelerin hareketleriyle ilgili "bir parçacığın konumu ve hızı" terimini içeren herhangi bir yasa yoktur. Gelişigüzel işlemsel tanımların fiziğe faydalı kavramlar üretemeyeceklerini unutmamamız gerekir. Büyük ilerlemeler, fiziğin yasalarını önceki tanımlardan daha elverişli ve kullanışlı bir şekilde ifade etmemize olanak sağlayan işlemsel tanımlar yaratmaktan geçer.

Şimdi Niels Bohr'un vermiş olduğu basit bir örnekle, bir parçacığın kaynaktan ekran üzerindeki tekil bir ışıldama noktasına kadar izlediği yörüngeyi takip etmeye çalışmanın, nasıl olup da ışıldama deseninin yok olduğu deneysel bir duruma sebep olduğunu gösterelim. Atomik bir nesneye bir yörünge atfetmekteki başarısızlığımızın belki de en göze çarpan kanıtı, parçacığın kaynaktan ekrana izlediği yolda hangi yarıktan geçmiş olduğunu ortaya koyamıyor olmamızdır. *P* kaynağının bir nokta olduğunu varsayabiliriz; parçacıklar ondan çıkıp bir diyafram üzerindeki S_1 ve S_2 yarıklarından geçebilir ve bir ekran üzerinde ışıldamalar üretebilir. Kaynak ile diyafram ve diyafram ile ekran arasındaki uzaklıkların ikisi de *D* olabilir. *P* kaynağından olan doğrultularla iki yarık arasındaki

küçük açı ω olabilir. Ekran üzerindeki ışıldamaların deseninin, belirli bir *P'* noktasındaki ışıldamayı üreten parçacığın hangi yarıktan geçtiğiyle ilgili hiçbir şey söyleyemeyeceğini öğrendik. Fakat yine de, belirli bir parçacığın hangi yarıktan geçtiğinin ayırt edilebileceği bir deney düzeneğini hayal etmek mümkündür.



Şekil 36

Eğer düzeneğimizi, üzerinde S_1 ve S_2 yarıkları olan diyaframının çerçeveye elastik bir yayla bağlanacağı şekilde ayarlarsak, parçacıkların bu yarıktan geçişiyle diyaframa momentum aktarılacaktır. Parçacığın S_1 veya S_2'den geçişine göre momentumun doğrultusu değişecektir. Diyaframa dik olan momentum yine p ise, S_1 ve S_2'den geçişleri karşılaştırdığımızda (Şekil 36) momentumlar arasındaki fark x-doğrultusunda ωp olur.

Büyüklükleri $\omega p = h\omega/\lambda$ ile aynı dereceden olan momentumların farkını ölçebiliyorsak, parçacığın hangi yarıktan geçmekte olduğunu belirleyebiliriz. Çünkü şekilde görüldüğü gibi $D\omega = a$ olduğundan, elimizde $\omega p = ha/D\lambda = \Delta p_x$ diye bir eşitlik vardır. Parçacık ile diyafram arasındaki etkileşim aracılığıyla bu momentum diyaframa aktarılabilir. Diyafram ve atomik nesneden (parçacıktan) meydana gelen iki-cisimli sistemin kendisinin bir atomik nesne olduğunu biliyoruz. Eğer bu sistemin momentumundaki "belirsizlik" çerçeveye

göre $ha/D\lambda$'dan daha küçük veya ona eşitse, çerçeveye göre diyaframın koordinatında Δx kadar bir belirsizlik olması gerekir. "Belirsizlik ilişkisine", yani $\Delta p_x \, . \, \Delta x = h$'ye göre Δx'in $h/\Delta p_x$'ten büyük veya ona eşit olması gerektiği sonucunu çıkarırız; ya da en basit durumu ele alırsak $\Delta x = h/\Delta p_x$ veya $\Delta x = D\lambda/a$ olur. Ancak 8. Bölüm'ün 4. Kısmında öğrendiğimiz gibi, bu sadece ekran üzerindeki kırınım desenindeki iki parlak çizgi arasındaki mesafedir. Eğer eylemsiz olan çerçeveye göre bu çizgilerin konumlarındaki belirsizlik, çizgiler arasındaki uzaklıkla aynı büyüklükteyse, desen bulanıklaşır. Bu düşüncelere dayanarak parçacığın hangi yarıktan geçtiğini bulmamıza izin veren bir deney düzeneğinde keskin bir kırınım deseni olmayacağını görebiliriz. Dolayısıyla, bir parçacığı kaynaktan başlayıp yarıklar boyunca ekran üzerindeki bir ışıldama noktasına kadar takip etme imkânımız olmayacaktır.

4. Olgular, Kelimeler ve Atomlar

Fizik biliminin tüm dallarında ve belki de bütün bilimlerde olduğu gibi, yapılan iş iki düzeyde olur: Duyu gözlemlerinin düzeyi ve kavramsal veya sözel bir şemaya dayanan tariflerin düzeyi. Bilimin geçirdiği evrimde, bu iki düzey arasındaki ayrılık sürekli olarak büyümüş ve elektron, çekirdek vb. atomik nesnelerin âleminde iyice belirginleşmiştir. Bu alanda yapılmış olan kafası karışık anlatımların büyük çoğunluğu yazarların, bu iki düzey arasında belirgin bir ayrım yapmaya ve aynı zamanda iki düzeyin karşılıklı olarak birbirlerine bağlı olmalarına yeterince dikkat etmemelerinden kaynaklanır. Öncelikle atomik ve nükleer fiziğin bütün gözlemlenebilir görüngülerinin günlük hayatta kullandığımız dille tarif edilebiliyor olmalarından başlamamız gerekir. Bunların yeri, orta büyüklükteki cisimler âlemidir ve bu nedenle Newtoncı (klasik) fiziğin diliyle tarif edilebilirler. Fakat tabii ki, bu du-

rumdan bu tür görüngülerin Newtoncı fiziğin yasalarından türetilebileceği veya bir başka ifadeyle, bunların Newtoncı fizikle "açıklanabilecekleri" sonucunu çıkaramayız. Niels Bohr şöyle demiştir:[6]

> *Görüngüler klasik fiziğin açıklama alanının ne kadar dışına çıkarlarsa çıksınlar, bütün bulguların hesabı klasik terimlerle verilmelidir.* Buradaki iddia şudur: "Deney" sözcüğü ile ne yaptığımızı ve ne öğrendiğimizi başkalarına aktarabileceğimiz bir durumu kastederiz; dolayısıyla deney düzeneğinin hesabının verilmesi ve gözlemlerin sonuçlarının ifadesi, klasik fiziğin terminolojisinin uygun şekilde kullanılmasıyla ve tartışmaya yer bırakmayacak bir dille yapılmalıdır.

Önceki kısımlarda verilen örneğimizdeki "deney düzeneği", atomik nesneler kaynağı, üzerinde yarıklar olan diyafram ve ekrandan meydana geliyordu. "Sonuçlar" ise parlak ve karanlık çizgilerden oluşan bir desen veya ekran üzerinde ışıldayan noktalardan ibaretti. Fizik biliminin yüzleşmek zorunda olduğu mesele, "deney düzeneğinin" bilinmesi halinde "sonuçları" öngörmemizi veya hesaplamamızı sağlayacak önermeleri türetebilen bir ilkeler sistemi icat etmekti. Yukarıda belirtildiği gibi, Bohr'un deyişiyle, "görüngüler klasik açıklama sahasının sınırlarının ötesine geçerler." Başlangıçtaki düzenleme ile sonuçlar, klasik fiziğin dilinde tarif edilebilirler, çünkü elimizdekiler orta büyüklükte cisimler, parlak çizgiler, bir ekran üzerindeki noktasal ışıldamalar gibi aşina olduğumuz mekanik ve optik cisimlerdir. Ancak başlangıçtaki düzenlemeler ile sonuçlar arasındaki bağlantıyı veren ilkelerin, Newtoncı fizikten dolayı tanışık olduğumuz kavramları içermediklerini ve parçacıkların yörüngeleri, dalgaların bir ortam içerisinde yayılmaları veya buna benzer kavramlarla ifade edilemeyeceklerini şimdiye kadar öğrenmiş olmamız gerekir.

Klasik fiziğin parçacıklar, dalgalar ve benzeri kavramlara verdiği tariflere birer "resim" diyebiliriz. Bohr demiştir ki:[7]

> Farklı deneysel koşullar altında elde edilen bulguları tek bir resim olarak kavramak mümkün değildir; bunlar birbirlerini *tamamlayıcı* olarak dikkate alınmalıdır; çünkü ancak görüngülerin bütünü, nesnelere dair mümkün bilginin tamamını verir.

Örneğin bütün görüngülerin, parçacıkların izledikleri yörüngeler aracılığıyla tarif edilmesiyle "tek bir resim" ortaya konmuş olur. Böyle bir "resim" yoktur ama her bir deney düzeneği için bu koşullar altında ortaya çıkan görüngüleri araştırabiliriz. "Nesneler", parçacıklar ve yörüngeleri olarak tarif edilemez; yalnızca farklı deney koşulları altında ortaya çıkan tüm görüngülerin verilmesiyle tarif edilebilir. "Bu koşullar altında," diyor Bohr, "atomik nesnelere uzlaşımsal fiziki özellikler atfetmek konusuna önemli bir anlam belirsizliği unsuru eklenmiş olur." Eğer ekran üzerindeki ışıldamaların oluşumlarını, yörüngeleri boyunca belirli konum ve hızları olan parçacıklarla tarif etmek istersem, atomik nesneye "uzlaşımsal fiziki özellikler" atfederim. Fakat Bohr'a göre, bunu yaparken anlam belirsizliğinden kaçamam. Nesnelere konum atfetmek istiyorsam, onlara momentum atfetmeme olanak sağlayan düzenlemeden farklı ve hatta bu düzenlemeyle bağdaşmayan bir deney düzeneği kullanmam gerekir.

İlgimizi çeken şey yalnızca bir deneyin gözlemlenebilir sonuçlarını öngörmekse, kısmen veya "tamamlayıcı" olarak dahi "uzlaşımsal özellikler atfetmenin" zorunlu olmadığını anlamak çok önemlidir. Atomik ve nükleer fizikte, fiilen araştırma yapmakta olan fizikçilerin gözlemlenebilir sonuçları öngörme veya üretmede nasıl ilerlediklerini anlamak istiyorsak, bu bölümde daha önce kullanılmış olan, atomik nesnelerin bir diyaframdaki yarıklardan geçtikten sonra ürettikleri

ışıldama deseni örneğini inceleyebiliriz. Sadece ekran üzerindeki ışıldamaların yerleri veya diyaframın eylemsiz olan çerçeveye göre hareketi gibi gözlemlenebilir sonuçlarla ilgileniyorsak, de Broglie dalgaları kuramına geri dönebiliriz. Bu kuramı burada çok basit düzeyde vereceğiz; konuyu kesinlikle fazla basitleştiriyor olsa da, bu anlatım matematiksel fizik alanında deneyimi olmayan okuyucuların konuyu anlamalarını sağlayacaktır. Unutmayalım ki çok sayıda fizik öğrencisi ve kimya öğrencilerinin hemen hemen hepsi bu okuyucular grubundadır.

Bir atomik nesneler (örn. elektronlar) akımı, üzerinde iki yarık olan diyaframa çarparsa, yarıklardan ışık dalgalarının geçişine benzer şekilde geçen de Broglie dalgalarını işe dahil etmemiz gerekir. Bu yarıklardan geçen (ve aralarında *a* uzaklığı olan) dalgalar birbirlerine karışırlar; elde edilen sonuç, ortaya çıkan dalganın genliğinin maksimum ve minimumlarıdır. Alışılagelmiş optikte, aydınlatma şiddeti genliğin karesiyle verilirken, atom fiziğinde genliğin karesinin, onu dalgaların yolu üzerine yerleştirilmiş çinko oksit ile kaplı belirli bir ekran üzerindeki ışıldama noktalarının sayısına bağlayan işlemsel bir anlamı vardır. Genliğin karesi, diyaframdan belirli bir uzaklıktaki ekran üzerinde birim alan başına üretilen ışıldama noktalarının sayısıyla orantılıdır; başka bir ifadeyle bir ışıldamanın ekran üzerindeki belirli bir alanda ortaya çıkma olasılığıyla orantılıdır. Verili bir deney düzeneğinde, dalganın kavramsal şemasına, mesela bir diyafram üzerindeki iki yarığa, dalga mekaniğinin matematiksel ifadesi denir. Bu ifade, eğer başlangıçtaki deney düzeneği veriliyse, dalganın genliği için tek ve kesin bir değer belirler.

Ancak dalganın işlemsel anlamından dolayı, yalnızca ekranın belirli bir bölgesinde birim zamanda ortalama kaç tane ışıldama meydana geleceğini biliriz; belli bir ışıldamanın

tam olarak nerede ve özellikle hangi anda ortaya çıkacağını asla öngöremeyiz. Bundan dolayı kabul etmemiz gerekir ki, başlangıçtaki düzeneğe dayanarak herhangi bir tekil ışıldamanın ekran üzerindeki yerini tam olarak hesaplamamıza olanak sağlayacak nedensel bir yasa yoktur. Dalga genliğinin her bir noktadaki değerini tam olarak hesaplayabiliriz, ama bu genlik gözlemlenebilir değildir; görüngülerle arasındaki tek bağlantı, genliğin bir parçacığın belirli bir bölgede olma olasılığıyla orantılı olduğunu söyleyen işlemsel tanımdır. Açık konuşmak gerekirse, "bir parçacığın belirli bir bölgede olmasından" bahsetmememiz gerekir, çünkü parçacıklar yoktur. Işıldamaların ekranın bir bölgesinde meydana gelme olasılıklarından veya bu bölgedeki ışıldamaların frekansından bahsetmemiz gerekir. Böylelikle matematiksel ifade ile bu ifadedeki sembollerin işlemsel tanımları bize başlangıçtaki düzenekleri "gözlemlenebilir sonuçlara" bağlayan kuralları sağlarlar. Verilen örnekte, üzerinde yarıklar olan diyaframın eylemsiz olan çerçeveye esnek olmayan bir şekilde bağlı olduğunu varsaydık. Esnek bir yayla bağlı olsaydı, ışıldamaların olasılıklarında, sıradan maksimum ve minimumları olan bir kırınım deseni gözlemlenmezdi; fakat bunun yerine diyaframın çerçeveye göre hareketlerini gözlemleyebiliyor ve de Broglie dalgasının genliğini biliyor olsaydık, belirli bir momentumun olasılığını hesaplayabilirdik.

Yukarıda anlatılanlara göre, tek uğraşmamız gereken, bir ekran üzerindeki ışıldamalar veya orta büyüklükteki cisimlerin (mesela diyaframların) momentumları gibi, günlük hayatta gözlemlediklerimizle aynı türden gözlemlenebilir görüngülerdi. Bu gözlemleri birbirlerine bağlayan, matematiksel olan de Broglie dalgaları ile işlemsel tanımlardır. Bu anlatımda, Bohr'un verdiği ismiyle "uzlaşımsal fiziki özellikleri" kullanmadığımıza emin olmak için bunları bize hatırlatacak

herhangi bir laf kalabalığına başvurmayan bir ifade kullanmamız gerekir. Diyebiliriz ki: Eğer bir "atomik nesne" bir kaynaktan çıkıp bir diyaframdan geçerek bir ekrana ulaşıyorsa, kaynakla ekran arasındaki uzay, bazı koşullar altında bir ekran üzerindeki ışıldamalar (noktasal olaylar) gibi, geometrik bir nokta çevresindeki çok dar bir alanla sınırlanmış olaylar üreten, başka koşullar altında ise bir diyaframa aktarılan itmeler (itme olayları) gibi belirli bir doğrultusu olan olaylar üreten bir durumdadır. İki tür olayın da öngörülmesini sağlayan matematiksel ifade biçimidir, ama bunu her olay için teker teker değil de istatistiksel olarak yapar; burada öngörülen, uzayın belirli bir bölgesinde ortalama kaç tane noktasal olayın veya momentum olayının ortaya çıktığıdır.

Bu anlatımın atomik araştırmalar yapan veya atom kuramının teknolojik uygulamaları üzerinde çalışan fizikçinin amaçlarına uygun olduğunu hatırlamak önemlidir. Konunun bu şekilde sunulmasına, Reichenbach'ın yaptığı gibi, atom fiziğinin "sınırlı yorumu" diyebiliriz. Çok doğal görünen ve P. W. Bridgman'ın[8] deyimiyle "sözel mecburiyetten" kaynaklanan bazı soruları sorma konusunda kendimizi sınırlarız. Bir ekran üzerinde noktasal bir ışıldama oluştuğunda, ekrana bu noktada bir parçacığın çarptığını söylemek ve bu parçacığın hangi yolu izleyerek ekrana ulaştığını sormak bize çekici gelir. Aynı şekilde, diyafram hareket ediyorsa bize çekici gelen, diyaframın hareketli bir parçacıktan darbe aldığını ve bu parçacıktan diyaframa bir momentum aktarıldığını söylemektir. Işıldamaları yaratan parçacığın izlediği yolu gerçekten bulmaya kalkışırsak, görüngülerle ilgili olmayan bazı meseleleri davet etmiş oluruz. Gözlemlenebilir görüngülere dair öngörülerimizi veya faydalı aletler yapmakta kullandığımız teknikleri geliştirme işleriyle ilgisi olmayan sorular sorarız. Biraz daha ciddiyetsiz bir ifadeyle, "var olmayan parçacıkların izle-

dikleri yolu" aradığımızda yaptığımız şey, aslında atomik fiziğin görüngülerini, günlük yaşamdaki deneyimlerimizi tarif etmekte kullandığımız dile olabildiğince yakın bir dilde tarif etmeye çalışmaktır; başka bir ifadeyle, ortakgörünün yapacağı bir açıklamaya, uzaklığı mümkün olduğunca az olan bir kuramı aramaktır.

5. Görüngüler ve Görüngülerarası Olaylar*

Deneysel sonuçların matematiksel bir ifadeyle öngörülmesinden tatmin olmayanlar, optik görüngülere getirilen geleneksel açıklamalardan dolayı alışkın hale geldiğimiz türden olay zincirlerini, başlangıç koşulları ile gözlemlenebilir sonuçların arasına sokmaya çalıştılar. Bu olaylar, öncelikle parçacıkların hareketleri ve dalgaların bir ortam içerisinde yayılmalarıdır. Reichenbach gözlemlenebilen görüngüler, deneysel düzenlemeler ve gözlemlenebilir sonuçlara karşılık bu gözlemlenemeyen olay zincirlerine "görüngülerarası olaylar" adını vermiştir.

Deneyin tarifinin, yani başlangıçtaki düzenleme ve sonuçların, bu "görüngülerarası olaylar" ile ilgili önermeleri açık bir şekilde belirlemesi söz konusu değildir. Bu sebepten, deney düzeneği ve gözlemlenebilir sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadan birden fazla "görüngülerarası olaylar" zincirini işe dahil edebilirmişiz gibi görünür. Ancak atomik nesneler içeren deneylerin hepsine bir ve aynı türden görüngülerarası olaylar eklemek mümkün değildir. Bu mümkün olsaydı, atomik ve nükleer fizikteki tüm görüngülerin hesabını optik ve mekaniğin geleneksel yasalarıyla verebilirdik. Fakat durumun böyle olmadığını ve Newton'ın klasik yasalarından esasen farklı kanunlara ihtiyacımız olduğunu bili-

* Interphenomena (çev.)

yoruz. Bu nedenle, her ne kadar görüngülerarası olayların atomik fizikteki her bir özel deneye girmesi mümkün olabilse de, mümkün deneylerin tümünde kullanılabilecek tek bir görüngülerarası olaylar sistemi olamaz.

Görüngülerarası olayların oynadığı rolün daha rahat anlaşılabilmesini sağlamak için Reichenbach'ın vermiş olduğu basit bir örneği kullanarak açıklama yapmalıyız.[9] Önceki Kısımlarda olduğu gibi, atomik nesnelerin bir diyafram üzerindeki yarıklardan geçişini ve deney düzeneğinin gözlemlenebilir sonuçlarını ele almalıyız. Burada incelediğimiz şey, b genişliğindeki tek bir yarığın ürettiği kırınımdır. Işıldama sayılarındaki ilk ve ikinci maksimumlar $\phi = 0$ (merkez) ve $\phi = \lambda / b = h / mvb$ açılarıyla ortaya çıkarlar. Gözlemlenebilen tek görüngü, ışıldamaların ekran üzerindeki dağılımıdır, ama Reichenbach'a göre "parçacık yorumu" olan bir görüngülerarası olay da işe dahil edilebilir. Parçacıkların yarıktan geçtiklerini ve maksimumları $\phi = 0$, $\phi = h / mvb$, $\phi = 2h / mvb$'de vb. olan bir dağılımı belirleyen bir olasılık yasasına uyarak saptıklarını varsayabiliriz. Bu, geleneksel yasalardan çok farklı olmasına rağmen, gerçek parçacıkların hareketleriyle ilgili bir yasadır. Aynı Newtoncı mekanikteki gibi, parçacıkların her bir anda belirli bir konumları ve hızları vardır.

"Görüngülerarası olaylar", parçası oldukları deney düzeneklerine bağlı kalmadan, ayrı olarak tarif edilebilirler. Reichenbach, görüngülerarası olayların bu şekilde dahil edilmesine "normal" bir sistem adını vermiştir. Ona göre yukarıda verilen "tanecik yorumu", görüngülerarası olayların "normal" bir sistemidir, çünkü nesnel oluşumların bir tarifidir; Reichenbach'ın ifadesiyle, nesneler gözlemlense de gözlemlenmese de, görüngülerarası olaylar için olan yasalar aynıdır. Bu kitapta kullanılan dile sadık kalmak istersek, Reichenbach'ın ifadesi yerine, bu görüngülerarası olaylara (hareket

eden parçacıklara) dair yasaları, deney düzeneğinin tamamını bilmeden ifade edebileceğimizi söylerdik; mesela diyaframın eylemsiz olan çerçeveye göre sabit mi yoksa hareketli mi olduğunu bilmeye ihtiyacımız yoktur. Reichenbach, buna ek olarak bir de görüngülerarası olaylar için olan yasaların, atomik fiziğin görüngülerinin takip ettikleri yasalarla uyumlu olduklarını vurgular. Parçacıkların sapmalarını düzenleyen yasalar istatistiksel yasalardır, gözlemlenen elektron kaynağının bir ekran üzerinde ışıldamalar üretirken uyduğu yasa da istatistiksel bir yasadır ama görüngülere dairdir. Dolayısıyla, "parçacık yorumu"nu meşru bir görüngülerarası olaylar zinciri olarak kabul edebiliriz.

Eğer bir "dalga yorumu" kullanmak istersek, yarıktan geçen dalgalarımız olmalıdır. Tekil bir ışıldamanın ortaya çıkışını türetmek istersek, dalga hareketini yarıktan ekrana kadar girişim yasalarına uygun bir biçimde takip etmemiz gerekir. Genliğin maksimumunu $\phi = 0$ ve $\phi = h/mvb$ açılarında elde etmemiz gerekir. Ancak, ekran üzerindeki belirli bir noktadaki ışıldamanın formülünü elde edebilmek için, ekranın bu noktada dalgaları yuttuğunu ve dalgaların daha fazla yayılmalarının mümkün olmadığını varsaymamız zorunludur. Elimizde yine "nesnel" bir olaylar zinciri ve "gerçek" dalgalar vardır, fakat dalgaların "yutulması" hiçbir zaman gözlemlenebilir görüngüler âleminde ortaya çıkmaz. Kısacası, Reichenbach'a göre dalga yorumu, görüngülerarası olayları işe dahil etmenin meşru bir yolu değildir.

Aralarındaki uzaklık *a* olan iki yarık varsa ve yine bir "parçacık yorumu" yapmaya kalkışırsak, parçacıkların istatistiksel bir yasaya uyarak çoğunlukla $\phi = 0$ ve $\phi = h/mav$ ile sapmalarını düzenleyen bir hareket yasası kullanmamız gerekir. Bu demektir ki, S_1 yarığından geçen bir parçacık, bir S_1 yarığı ile başka bir S_2 yarığı arasındaki uzaklığa bağlı olan bir ϕ

açısıyla sapacaktır; bu da bir uzaktan etki anlamına gelir. Bu yasa, parçacıkların hareketine dair, görüngülerarası olaylar için geçerli olan ama görüngüler alanında geçerli olan bütün yasalardan farklı bir yasa olacaktır. Reichenbach, bu nedenle elimizdeki durum için yapılan parçacık yorumunu reddeder, çünkü bu "normal bir sistem" değildir. Tek bir yarığın olduğu durumda, dalga yorumunda da aynı eksiklik görülür; bu yorum küresel bir dalganın ekran üzerindeki küçük bir bölge tarafından yutulmasını içerecektir. Reichenbach'ın bize tavsiyesi, dalgaların küresel olmadığı, bunun yerine S_1 ve S_2'den başlayan kanallar içinde hareket ettikleri ve ışıldama noktasında birbirlerine yaklaştıkları, değiştirilmiş bir dalga yorumudur. Böylelikle Reichenbach, tek yarık olan durumda parçacık yorumunu, iki yarık olan durumdaysa dalga yorumunu "normal sistemler" olarak ve dolayısıyla görüngülerarası olayların görüngüler arasına girmesi için tercih edilecek sistemler olarak kabul eder. Görüldüğü üzere, her bir deney için normal bir görüngülerarası olaylar sistemi işe dahil edilebilir ama bütün deneyler için geçerli olacak tek bir sistem bulunmaz.

Bohr'un anlatımında görüngülerarası olayların bahsi geçmez. Durumları, onları çevreleyen deney düzeneğinden bağımsız olarak tarif edilebilecek olan ne "gerçek" parçacıklar ne de "gerçek" dalgalar kullanılır.

Görüngülerarası olaylar üzerine yapılan tartışmada çoğunlukla yanlış yorumlanan ve yanlış anlaşılan iki öğenin üzerinde durmak faydalı olabilir. Bunların, atomik fiziğin 10. Bölüm'de daha ayrıntılı olarak inceleyeceğimiz "felsefi yönünde" oynadıkları rol büyüktür. Şu anda önceki kısımlarda anlatılanlarla yakından bağlantılı olarak, bu öğelere tamamen bilimsel açıdan bakacağız. Genellikle, geleneksel fizikte optik görüngülerin parçacıklardan oluşan eski resminin yeri-

ni tamamen dalgalara dayanan resmin aldığı düşünülse de, çağdaş fizik bazı durumlarda parçacık resmini, başka bazı durumlarda da dalga resmini kullanır. Hatta bazı yazarlar, atomik fizikte bir ve aynı nesnenin icra edilen deneye bağlı olarak bir parçacık veya bir dalga olarak kabul edilebildiği bir ifade biçimi dahi kullanmışlar; bazıları buna dalga-parçacık diye bileşik bir isim de vermişlerdir. Şimdiye kadar, tüm bu ifadelerin aslında yanlış yönlendirici olduklarını gördük. "Dalga yorumu" ile "parçacık yorumu", atomik fiziğin görüngülerinin arasına giren görüngülerarası olayların iki türüdür. Reichenbach'ın verdiği örneklerden öğrendiğimiz kadarıyla, bir ve aynı durumda bunların ikisini birden kullanmak mümkündür; ancak eklenen zincirin "normal bir sistem" olmasını istiyorsak bunların biri veya diğeri daha uygun olacaktır. Gerçek şu ki, bu gereklilik bize anlamı kesin olan bir ölçüt vermez; görüngülerarası olaylar hiçbir zaman görüngüler için geçerli olan yasaların hepsine uymazlar. Her zaman özel yeni yasalar kullanmamız gerekir ve eklenen görüngülerarası olaylar sisteminin, görüngülerin yasalarıyla hangi durumda esasen uyumlu olduğunu söylemek keyfimize kalmıştır.

Alfred Landé,[10] yazmış olduğu ders kitabında, bütün deneylerin hesabının parçacık resmiyle *ve* dalga resmiyle verilebileceğini yazmıştır. Reichenbach bu görüşe genel olarak katılır ama her bir durum için resimlerden birinin tercih edilmesini sağlayacak kesin ölçütler koyar. Şöyle der:

> Elimizde görüngüler dünyası varken, görüngülerarası olaylar dünyasını farklı şekillerde ortaya koyabiliriz; görüngülerarası olaylara dair hepsi aynı doğrulukta olan ve aynı görüngüler dünyasına ait bir eş tarifler sınıfı elde etmemiz gerekir. Başka bir ifadeyle, dünyanın birbirlerine eş tarifler sınıfı verili ise, görüngülerarası olaylar tariflere bağlı olarak çeşitlilik gösterir; görüngüler ise bu sınıfın sabitlerini meydana getirir.

Biz de, Reichenbach gibi normal sistem kavramını kullanacak olursak, dünyanın tarifinde, eş görüngülerarası olayların her bir sınıfını, bu sınıfın normal bir sistem olan elemanı temsil eder. Dalga yorumu ile parçacık yorumu bu türden görüngülerarası olaylar sistemlerine sadece birer örnektirler ve genel olarak böyle sistemler kadar keyfi ve böyle sistemler kadar belirlidirler.

Zaman zaman filozofların ve kuramsal fizik alanında uzman olmayan başkalarının kafasını karıştıran ikinci bir nokta da, genel kabul görmüş üç boyutlu dalgalara dayanan dalga yorumu ile matematiksel bir şema olarak de Broglie dalgalarını birbirinden ayırt etmekteki başarısızlıktır. Bunlardan ikincisi, gözlemlenebilir bir deney düzeneğindeki ışıldamalar gibi, gözlemlenebilir sonuçları hesaplamak için kullanılan matematiksel bir formüldür. Bunların "görüngülerarası olaylar" ile hiçbir ilgisi yoktur. Genliğin "işlemsel anlamına" dayanarak ışıldamaların yerlerini belirlerler ve bir ekran üzerindeki bir noktanın bir dalgayı yutması gibi fiziksel yasaları kullanmamızı gerektirmezler. Atomik fiziğin tüm gözlemlenebilir olguları matematiksel de Broglie dalgaları aracılığıyla türetilebilir ama bu olguya dayanarak bazı yazarların yapmış olduğu gibi "dalga resminin" atomik fizik için "parçacık resminden" daha uygun bir resim olduğu sonucuna varamayız.

6. Atomik Fizikte İfade Biçimlerinin Çeşitliliği

Atomik fizikle yalnızca gözlemlenebilir sonuçları türetmemize imkân tanıyan bir ilkeler sistemi olması bağlamında ilgileniyorsak, "görüngülerarası olaylar"ı tamamen görmezden gelebiliriz. Bu durumda sadece gözlemlenebilir olgularla, atomik fiziğin matematiksel ifadesiyle ve işlemsel tanımlarla ilgilenmemiz yeterli olacaktır. Bunlar açık ve kesin bir ilkeler sistemi oluştururlar. Yukarıda da belirtildiği gibi, Reichen-

bach böyle bir sisteme atomik fiziğin "sınırlı bir yorumu" adını verir; bunun sebebi bu sistemin, bilim insanı fiilen araştırma yaparken, kuramın zorunlu olarak gerekecek en azına karşılık gelmesidir. Bohr'un tamamlayıcılık ilkesi anlatılırken yapılan (2. Kısım'da), "sınırlı bir yorumdur". Deneyi dalga resimleri veya parçacık resimleri kullanarak tarif edersek, görüngülerarası olaylara başvurmuş oluruz ve Reichenbach'ın atomik fiziğin "tam yorumu" adını verdiği şeyi elde etmiş oluruz. Daha önce (5. Kısım'da) tam yorumlara örnekler verdik ve her bir deney için çok sayıda, belki de sonsuz sayıda tam yorum olduğunu öğrendik.

Bazı yazarlar, "tam yorumların", görüngülerarası olaylara dair gözlemlerle denetlenemeyen önermeler içerdikleri için "anlamsız" olduklarını ileri süren uç bir bakış açısını benimsemişlerdir. Ancak 3. Bölüm'de (Geometri) öğrenmiş olduğumuz gibi, hiçbir tekil önermenin gözlemle desteklenemeyeceğini, bunun ancak sistem için bir bütün olarak mümkün olabileceğini göz önünde bulundurmamız gerekir. Elimizdeki durumda, deneyim ile sınanan şey, geçerli işlemsel tanımları olan görüngülere ve görüngülerarası olaylara dair önermelerden oluşan sistemdir. Farklı görüngülerarası olay kümeleri, farklı tam yorumlar kullanıp yine de aynı gözlemlenebilir olguların hesabını verebiliriz. Ortakgörüye dayanan düşünme ve konuşmamıza olabildiğince yakın ilkelerin bir sistemine ulaşmaya yarayacak görüngülerarası olayları seçme özgürlüğümüz vardır.

Bundan başka, görüngüler ile görüngülerarası olayları birbirlerinden ayıran çizgiyi çok kesin olarak çizmenin mümkün olmadığını da belirtmemiz gerekir. Mesela bir Wilson bulut odasında "parçacıkların izledikleri yolları" ele alacak olursak, gerçekten "izlenen yollar" gözlemler miyiz? Açık söylemek gerekirse, gözlemlediğimiz şeyler birtakım koyu renkli kesik

çizgilerdir; ama Reichenbach'a göre elektronlar ve iyonların çarpışmalarını veya sıralanmış su damlalarını gözlemlediğimizi de söyleyebiliriz. Reichenbach şöyle demiştir:

> Görüngüler fiziği ile görüngülerarası olaylar fiziği (tanecik ve dalga yorumları dahil) arasındaki mantıksal fark, bir derece meselesidir. ... Bu sistemlerden hangisini tercih ettiğimiz, gönüllü olarak verilen bir karardır; hiç kimsenin tamamen gözlemsel verilerle sınırlandırıldığı söylenemez.

Tam yorumların keyfi oldukları kesinlikle doğrudur, çünkü her durum için kabul edilebilir olan birkaç farklı yorum vardır; fakat diğer taraftan tam yorumların, yani dalga ve parçacık resimlerinin, nesnel fiziki dünyaya dair bir şey söylemediklerini söylemek de yanlış olur. Parçacık veya dalga türü görüngülerin arasına herhangi bir şey eklemenin imkânsız olduğu bir dünya da düşünebiliriz. Reichenbach diyor ki: "Doğa, görüngülerarası olaylar dünyasını, görüngülere dair yasalara en azından kısmen uyumlu olarak inşa etmemize imkân verir."

Önceki kısımlarda "bir parçacığın belirli bir andaki konumu ve momentumu" ifadesinin atomik görüngülerle ilgili herhangi bir yasada yer almadığını, başka bir deyişle "bir parçacığın eş zamanlı konumu ve momentumu" ifadesinin işlemsel bir anlamı olmadığını öğrendik. Bu önermeler, görüngülerarası olaylarla ilgilenmediklerinden atomik fiziğin "sınırlı yorumuna" aittir. Ancak bunları, özellikle de hareket eden parçacıklarla ilgili olanları, görüngülerarası olaylarla ilgili önermeler gibi görünecek şekilde ifade eden bazı yazarlar olmuştur. Bunlar, hareket eden atomik nesnelerden bahseder ve bir insan tarafından "gözlemlenmeden" önce bunların bir konum veya momentuma sahip olup olmadıklarının kesin olmadığını söylerler. Ancak bir "gözlemci", konumu (koordinatı) ölçmeye çalıştığında atomik nesneye ölçüm aletiyle

müdahale etmiş ve momentumun ölçülmesini imkânsız hale getirmiş olur; bunun tam tersi de doğrudur. Gözlemci momentumu ölçmeye çalışırsa, nesne öyle bir şekilde etkilenir ki, konumu ölçmek imkânsız hale gelir.

Kelimeleri alışılmış manalarında kullanırsak, böyle bir önermeye "anlamsız" dememiz gerekir. Atomik bir nesnenin "gerçek bir parçacık" gibi davrandığı varsayımı, atomik fiziğin gözlemlenebilir olgularıyla bağdaşmadığından, bu nesne ne konuma ne de momentuma sahiptir, bunlar ölçülemezler, çünkü yokturlar. Aynı sebeple, bunları ölçmenin ihtimali yok edilemez, çünkü hiç var olmamıştır. Bohr'un tamamlayıcılık ilkesine göre, "atomik nesnenin" kendisi ne konuma ne de momentuma sahiptir; bu kelimelerin ifade ettikleri, elektronların özellikleri arasında değildir, bunlar deney düzeneğinin bütününün özellikleridir. Belirli bir deney içerisinde bir elektronun "konumu" olabilir, başka bir (tamamlayıcı) düzenlemedeyse "momentumu" olabilir. Düzeneği değiştirerek elektronun konuma sahip olduğu bir durumu momentuma sahip olduğu başka bir duruma dönüştürebiliriz.

Bunu şöyle ifade edersek: "Konumu gözlemleyerek, momentumu gözlemleme ihtimalini yok ederiz", "gözlemci"nin bir kelimeden ibaret olduğunu ve önermelerin anlamlarında herhangi bir değişikliğe sebep olmadan atılabileceğini unutmamamız gerekir. Bu kelimeyi kullanmanın tek tehlikesi, bizi Bohr'un ifadesiyle, atomik bir nesneye hiçbir uzlaşımsal fiziki özelliğin (konum ve momentum gibi) atfedilemeyeceğini unutmaya sevk edebilecek olmasıdır. Niels Bohr'un 1938'de,[11] *Varşova Konferansı*'ndaki kendi raporuna göre:

> ... özellikle "görüngüleri gözlem ile bozmak" veya "ölçüm yaparak atomik nesnelerde fiziksel özellikler yaratmak" gibi ifadelere dikkatli yaklaşmak gerekir. Bu ifadeler ... kafa karışıklığına sebep olmaya yatkındırlar, çünkü "görüngü" ve "gözlem"

gibi kelimeler, tıpkı "özellikler" ve "ölçümler" gibi, yaygın dil ve pratik tanımlarla pek de karşılaştırılabilir olmayan bir şekilde kullanılırlar.

Önceki kısımlarda, atom fiziğindeki bir deneyin başlangıç koşullarının, gözlemlenebilir sonuçları geleneksel fizikte olduğu kadar açık ve kesin olarak öngörmemize olanak tanımadıklarını öğrendik. Atomik nesnelerin bir diyaframdaki yarıktan geçişini gözlemleyerek bir ışıldamanın ekran üzerinde tam olarak nerede ortaya çıkacağını öngöremeyiz. Öte yandan bir de Broglie dalgasının başlangıç durumunu dikkate alarak, dalganın nihai halini kesin olarak hesaplayabiliriz. Bu demektir ki, öngörülebilirlik ve nedenselliğin atomik fizikte oynadıkları rol, Newtoncı fizikteki rollerinden bir şekilde farklıdır. 11 ve 12. Bölümlerde bu konu (nedensellik) daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

10. BÖLÜM

ATOMİK DÜNYANIN METAFİZİKSEL YORUMLARI

1. Atomik Fizikteki "Tinsel Öğe"

Atomaltı fizikte kullanılan yeni kuramlar, yani kuantum teorisi ve kuantum mekaniği, sadece bilimsel açıdan bakıldığında görelilik kuramından çok farklı olsalar da, bu iki tür kuramın, hem görelilik hem de kuantumun, metafizik yorumları birçok açıdan benzerlik gösterir. Fiziğin dünyasına "zihinsel bir öğe" eklendiği ve "maddeciliğin" çürütüldüğü iddia edilmiştir. Ancak, görelilik kuramının yazgıya inancı desteklediği yönünde yorumlar yapılmış olsa da, kuantum teorisi "özgür istenç" öğretisinin destekçisi olarak yorumlanmıştır.

Kuantum teorisinin, sahip olduğumuz genel dünya resmi üzerine etkisinin daha açık bir şekilde anlaşılması için, filozoflar ve bilim insanlarının fikrini sormaktansa, 20. yüzyılın hissiyatını anlatmış olan yazarlara danışmak daha yerinde olabilir. George Bernard Shaw şöyle yazar:[1]

> Isaac Newton'ın, üç yüzyıldan beri modern medeniyetin dayanıklı bir kalesi olan evreni, Einstein'ın eleştirileri önünde Eriha'nın surları gibi yerle bir olmuştur. Newton'ın evreni, rasyonel determinizmin sığınağıydı: Yörüngelerindeki yıldızlar değişmez

bir şekilde sabit olan yasalara uyuyorlardı; ... atomlara baktığımızda, orada da aynı evrensel yasalara uyan elektronları görüyorduk. Zamanın her bir anı, bir sonraki anını belirliyordu. ... Her şey hesaplanabilir durumdaydı: Her şey olması gerektiği için oluyordu: On emir tabletlerden silindi ve yerini şimdiki cebir aldı: Matematikçilerin denklemleri.

Shaw, daha sonra da, çağdaş insan için Newton'ın fiziğine inanmanın geleneksel dinin yerini nasıl aldığını anlatır. Şöyle devam eder:

İnancımı bulmuştum. Yanılmazlık dogmasını bulmuştum. Ben; bir Katolik gibi, sorumluluk sahibi bir özgür istencin boş rüyasıyla ve bir Protestan gibi, kişisel yargı bahanesiyle tepeden bakan ben...

Sonra da 20. yüzyıl atom fiziği ve kuantum teorisinin bu vekil dini nasıl tuzla buz ettiğini anlatır. "Ve şimdi," der, "–şimdi– ondan geriye ne kalmıştır? Elektronun yörüngesi hiçbir yasaya uymaz, bir yolu seçip diğerini reddeder... Her şey bir heves; hesaplanabilir dünya hesaplanamaz hale geldi." Shaw, yaygın kabul görmüş olan Newtoncı mekanistik bilimin başarısızlığının, bu kitapta daha önce Aristoteles ile Aziz Thomas'ın mekaniği olarak sunulmuş olan,[2] Newton öncesi organizmik bir mekaniğe dönüşe sebep olduğunu kabul eder. "Amaç ve tasarım," diyerek devam eder, "batıl inançların en adilerinin mazeretleri, ölülerden doğmuş ve en muazzam olanları yerlerinden edip kendini bilmez aptallara kâğıttan taçlar takmışlardır."

Pek çok büyük filozof, Shaw'un ilginç bir şekilde kullandığı, organizmik bilimin kavramlarının "ölülerden doğmuş olması" fikrini çok ciddiye almışlardır. Buna örnek olarak Alman filozof ve bilim yazarı Bernard Bavink'ten alıntı yapabiliriz:[3]

Bugün doğa bilimi çevrelerinde, bilimlerden alınan parçaları insan hayatının daha yüksek değerlerine, Tanrı ve Ruh'a, istencin özgürlüğüne vs. uygulamaya dair dürüst bir eğilim vardır; aslında bu parçalar geçici olarak dağılmışlardı ve bir asırdır böyle bir eğilim yoktu.

Bavink, organizmik bilimin yeniden doğuşunun "tamamen bilimsel güdülerden" kaynaklandığını belirtir; maddeciliğin düşmanı olan ve organizmik bir bilim anlayışına dayanan politik bir rejimin ortaya çıkışının aynı döneme denk gelmesi gibi dikkate değer bir tesadüften bahseder. Bu yeni rejimler, İtalyan Faşizmi ile Alman Nazizmidir. Aslında, bilimin maddeci veya maddecilik karşıtı yorumları, çoğunlukla "saf bilimsel güdülere" bağlı olarak ortaya çıkmazlar; bunların kaynağı genel olarak arzulanan insan davranışlarına amaçlar sunmaktır. Bu yorumlar sosyal, politik ve dini akımlarla bağlantılıdır.

20. yüzyıl fiziğinin maddecilik karşıtı yorumu, politik amaçları için bilimsel temeller arayan girişimci insanlara cazip gelmişti. Güney Afrika'nın eski Başbakanı General Smuts[4] Newton'dan beri hüküm süren mekanistik dünya resminde "hayat" ve "akıl" gibi kelimeleri kullanmanın zor olduğunu not düşerek başlar. Einstein'ın ve Minkowski'nin, bilimin yasalarında mekân ve zamanın birbirinden ayrı olarak görünmediği, yasalarda sadece ikisinin kombinasyonunun göründüğü fikrini Smuts şöyle yorumlar: "Demek ki Evrendeki fiziksel şeyler hakikaten sadece Eylemmiş." Smuts başlangıçta "eylem" kelimesini fizikteki teknik bir terim olarak kullanır; burada "eylem" enerji ile zamanın çarpımı anlamına gelir. "Eylem", bu anlamıyla, kuantum teorisinde "en az eylem ilkesi"nde kullanılmış ve burada "eylemin temel birimi h" olarak yer almıştır.

Daha sonraları Smuts, bu "eylem" kelimesini günlük dilde olduğu gibi daha bulanık bir anlamda ve fiziksel hareket anlamına gelebildiği gibi organizmik gelişme ve hatta zihinsel etkinlik de demek olabileceği şekilde kullanmıştır. Smuts şöyle devam eder:

> Bunu dediğimizde, madde, evrenin şeyleri veya malzemeleri yerine eylemi koyduğumuzda, incelikli bir şekilde yeni bir bakış açısı ediniriz. Çünkü maddenin çağrışımları, Eyleminkilerden farklıdır ve maddenin elinden evrene dair temel fiziksel kavramımız olma mertebesini aldığımızda, genel görüşlerimiz ile bakış açımızın ciddi bir değişim geçirmesi gerekir. Yeni Fizik, geleneksel insan deneyiminin en kadim ve katı kavramlarını gevşetebileceğini kanıtlamıştır ve maddi ile organik ya da fiziksel düzenlere, ölçülebilir mesafeler içinde yeni bir yaklaşım veya uzlaşma getirmiştir.[5]

Modern fiziğin bu metafizik yorumunda, yakın tarihli teorilerle kurulan "ortakgörü" analojilerinin nasıl tartışmanın kilit noktaları olduklarını açıkça görebiliriz; tek düşünmemiz gereken "eylem", "şey", "maddi", "fiziksel" vb. kelimelerin nasıl kullanıldıklarıdır. İngiliz fizikçi James Jeans şöyle yazar:[6]

> Günümüzde, bilimin fiziksel tarafında neredeyse fikir birliği seviyesine ulaşmış olan yaygın kanıya göre, bilgi akışımız mekanik olmayan bir gerçekliğe doğru yol almaktadır. Evren, büyük bir makine yerine, büyük bir düşünce gibi görünmeye başlamıştır. Artık akıl, maddenin dünyasına tesadüfen giriveren davetsiz bir misafir gibi görünmez. Aksine, aklı maddenin dünyasını yaratan ve yöneten olarak selamlamamız gerekir.

Bütün bunlar, Newton'ın fiziksel dünyaya dair kuramı sözde bunu imkânsız hale getirmişken, 20. yüzyıl atomik fiziği ve kuantum teorisinin "zihinsel" veya "tinsel" bir öğenin fiziksel dünyaya girmesine izin verdiği görüşünü ortaya çıka-

rır. Bu kesinlikle eylemsizlik yorumuna Tanrı'nın duyularını dahil eden Newton'ın fikri değildir. Atomik fiziğin, kelimenin en kaba anlamıyla da olsa tinselciliğin ne dereceye kadar bir destekçisi olarak yorumlanmış olduğunu tam olarak anlamak istersek, çağdaş Alman filozofu Aloys Wenzl'in yazdıklarına başvurabiliriz; Wenzl şöyle der:[7]

Bu maddi dünyanın, içinde özgür ve kendiliğinden olan olayların olması da mümkün olan... bu maddi dünyanın, ölü olduğu söylenemez. Bunun yerine, bu dünya, eğer özüne dair bir iddiada bulunacak olursak, basit tinlerin dünyasıdır; bunlar arasındaki ilişkileri tinler âleminden alınmış bazı kurallar belirler. Bu kurallar matematiksel olarak ifade edilebilirler. Başka bir deyişle, bu dünya, aralarındaki karşılıklı ilişkiler matematiksel formda ifade edilebilen aşağı dereceden tinlerin dünyasıdır. Biz bu formun ne anlama geldiğini bilmeyiz ama formu biliriz. Bu formun doğası gereği ne anlama geldiğini, yalnızca formun kendisi veya Tanrı bilebilir.

Bu yoruma göre, örneğin bir hidrojen atomundaki enerji seviyelerini belirleyen kuantum koşulları, kendilerini gösteren "zayıf tinler" olarak ele alınırlar. Kuantum teorisinin ortakgörü diliyle ifade edilemeyen yasaları, "tinlerin davranışları" gibi ortakgörü analojileri kullanılarak yorumlanmıştır; tıpkı ilkel kabilelerin güneşin doğuşu ve batışını, insanlardan üstün ama onlara benzeyen organizmaların davranışları olarak yorumlamaları gibi.

Atomik fiziğin metafizik yorumları için ortakgörü analojilerinin nasıl kullanıldığını daha iyi anlamak adına, Bernard Bavink'in bir kitapçıktan aldığı iki örnek üzerine çalışabiliriz.[8] Birinci örnek, Schroedinger'in kuramı olan maddenin dalga teorisinde, hidrojen atomunun tarifinin dalga denkleminin özel bir çözümüyle, yani de Broglie dalgalarının özel bir şekilde üst üste binmesiyle verilmesinden yola çıkar. Bavink bu olguyu şöylece yorumlar:

Madde ve ona tapanlar, materyalistler, bizimle alay edip şöyle derler: "Tek bir atom var; atomların en basiti; hidrojen atomu. Buyurun, bana ne yapabileceğinizi gösterin. Bu atomun sadece tinsel süreçlerin bir sonucu olduğunu nasıl anlayabileceğimi bana gösterebilirseniz size inanacağım." Görünen o ki, tinselcilik artık bu sınavı geçebilir.

Bilimsel açıdan, Schroedinger denkleminin çözümlerinin, Newtoncı mekanikteki diferansiyel denklemlerin çözümlerinden neden daha "tinsel" olduklarını anlamak zordur. Fakat Bavink tartışmayı analojiler aracılığıyla sürdürür. Schroedinger'in dalga denklemlerinin çözümleri (ψ-fonksiyonları) olasılıklar olarak yorumlanabilirler; ancak olasılıklar zihinsel görüngülerdir; bu nedenle ψ-fonksiyonu insan aklında meydana gelen zihinsel bir görüngü olarak yorumlanmıştır; hidrojen atomunun tarifi ψ-fonksiyonlarıyla yapılır; bu sebepten de hidrojen atomu zihinsel bir görüngüdür ve tinsel güçler tarafından üretilmiştir. Böylece maddeciliğin aleyhindeki durum ispatlanmış olur.

Görüldüğü üzere, burada yine fizik kuramlarına dair bir ortakgörü yorumuyla uğraşmamız gerekiyor. Bu kitapta daha önce verilen haliyle,[9] maddenin dalga kuramı bizim ortakgörü dilimizle ifade edilemez. Ancak, ortakgörü dilimizde bedenlerimizin hareketlerini tinsel güçlerin işine yorduğumuz ve aşina olduğumuz bir analojiyle maddenin yaratılmasını, insanın tinsel gücüyle benzerlik içinde düşünülen Tanrı'nın tinsel gücüne atfettiğimiz gibi, hidrojen atomuna da metafizik bir yorumla tinsel güçlerin ürünü denilir. Tabii ki Newton'ın "mekanistik" fiziğinin de benzer bir yorumu mümkündür. "Yerçekimi" ve "eylemizlik" ile tinsel güçler arasında analoji kuracak yorumlar kolaylıkla yapılabilir. Burada dikkat etmemiz gereken nokta, eski ve yeni fiziklerin tinsel yorumlarının

yapılabileceği ama bu şeklide yorumlanmalarının gerekli olduğunu gösteren herhangi bir argümanın olmayışıdır.

Bavink'in alıntıladığı ikinci örnek, bir elektronun hidrojen çekirdeği etrafındaki bir yörüngeden başka bir yörüngeye sıçramalarını yöneten yasalara gönderme yapar. Kuantum mekaniğinin yasaları, bize çekirdek etrafındaki hangi yörüngelerin elektronlar için olanaklı olduklarını söylerler; ancak belirli bir elektron yörüngede dönmekte ise, bu elektronun bir sonraki anda ne yapacağını, başka bir yörüngeye sıçrayıp sıçramayacağını her bir an için bize tam olarak söyleyecek bir yasa yoktur. Kuram sadece bir sonraki saniyede sıçrayacak olan elektronların ortalama sayısını öngörebilir; tekil bir elektronun ne zaman sıçrayacağını öngöremez. Bavink, yukarıda bahsi geçen çalışmasında bu duruma şöyle bir yorum getirir:

> Öncelikle hatırlamamız gereken şey, böyle tekil basit bir eylemin (sıçramanın) hesaplanabilir olmadığı, bunun yerine özgür/serbest olduğudur; ikincisi, bu özgürlüğün/serbestliğin gerçek özü belki de –büyük ihtimalle– fiziksel bir olaydır. ... Başka bir ifadeyle, fizik tarafından belirlenmeyen, basit eylemin "özgür" seçimi, aslında sadece kapsamlı bir "plan" veya "form"un bir parçası olarak vardır; açık konuşmak gerekirse, "formlar"ın "hiyerarşisi"nin bir parçasıdır; daha üstteki form her zaman daha aşağıda olanı kendine katar ve daha ileri bir sentez yapar. ... Yeni olan şey, yalnızca, fiziğin kendisinin bu fikri denemeyi tavsiye ediyor olduğu gerçeğidir.

Bu yorumun analojilere dayanan karakterini bu durumda açıkça görmek mümkündür. Dalga mekaniğinin kuralları ortakgörü dilinde ifade edilemediğinden, yazar elektronun davranışını, bir sonraki anda ne yapacağını seçmekte "özgür" olan canlı bir varlığın davranışıyla karşılaştırır. Burada "özgür" kelimesi ortakgörü jargonundaki bulanık haliyle kul-

lanılmıştır; buna göre organizmaların eylemlerine "özgür" deriz, çünkü bir sonraki anda ne yapacaklarını öngörmemize yarayacak kuralları bilmeyiz. "Özgürlük"ün fiziksel dünyadaki varlığı ortaya konulduktan sonra, insan bu "olgu"yu, insanların verdikleri kararların "özgür" olabileceğini açıklamak için kullanır. Sonuçta insan cansız, fiziksel bir nesneden daha az özgür olamaz. Özgür istenç öğretisinin atomik fizik aracılığıyla doğrulanması, fiziğin artık geleneksel din ile yüzyıllardan beri olandan daha uyumlu olduğunun, ciddiyetle ve tekrar tekrar ilan edilmesinin sebeplerinden biri olmuştur.

Burada unutulmaması gereken, "fizikteki son gelişmeler bilime zihinsel etmenler kattı" veya "çağdaş fizik özgür istenç öğretisini meşrulaştırır" gibi önermelerin, fizik hakkında "bilimsel açıdan" konuşmuyor olmalarıdır. Asıl uğraştıkları, yakın tarihli fizik kuramlarının metafizik yorumlarıdır. Bu önermelere kesin bir anlam vermek için şöyle demeliyiz: Günümüz fiziği, hidrojen atomunun tinsel güçlerin bir ürünü olduğunu ve bir yörüngeden diğerine sıçrayan elektronun özgür istenç eylemleri sergilemekte olduğunu ileri süren metafizik bir yoruma elverişlidir. Öyleyse sorulması zorunlu olan soru, tinsel güçler ve özgür istence fiziğe müdahale etme yetkisi veren metafizik bir yorumun, Newtoncı mekaniğe eşlik edip edemeyeceğidir. Bu türden yorumların tümü, aslında fizik kuramlarıyla kurulan ortakgörü analojilerinin sonucu olduklarından, kuantum mekaniğini tinsel güçlerle yorumlamanın, Newtoncı mekaniğe aynı şeyi uygulamaktan daha "doğal" veya "ortakgörüye uygun" olup olmadığını sorabiliriz.

2. Atomik Fiziğin Yaygın Yorumları

Filozoflar, eğitimciler, papazlar, hatta bilim insanları ve bilime ilgi duyan diğer kimseler arasında atomik fiziğin yaygın

olan yorumu, J. W. N. Sullivan'ın *The Limitations of Science* [Bilimin Sınırları] adlı kitabı gibi kitaplarda verilmiştir.[10] Yazar, fiziğin Newtoncı türünün tamamen yasakladığı tinin rolünü, 20. yüzyıl fiziğinin evrene geri getirmiş olduğu iddiasını açıkça ortaya koyar. Bu iddia yakın zamanda çok büyük sayıda kitap, makale ve konferansta yer aldığından, burada sunulması öğretici olabilir. 17. yüzyıldan beri süregelen "mekanistik" bilim, Sullivan'ın sözleriyle, şunu varsaymıştı:

> Deneyimimizin bütününün tüm öğeleri arasında, yalnızca bizi maddi görüngülerin yerçekimiyle ilgili özelliklerinden (örn. parçacıkların kütleleri ve hızları) haberdar edenler gerçek dünya ile ilgilidir. Deneyimimizin diğer öğelerinin hiçbirinin, renk algımızın, güzelliğe verdiğimiz tepkinin, Tanrı ile mistik bütünlük hissimizin, nesnel bir karşılığı yoktur.

Sullivan, 20. yüzyıl fiziğinin, mekanistik fiziğin "madde ve hareketten" bahsederken yaptığı gibi bir "gerçeklik"ten bahsetmediğini vurgular. Görelilik ve kuantum teorilerinde, Sullivan'a göre, "ele aldığımız şeylerin doğalarını bilmeye ihtiyacımız yoktur; sadece matematiksel yapılarını bilmek yeterlidir ki aslında bütün bildiğimiz budur." Elimizde Einstein'ın yerçekimi alanı ya da belki yerçekimi alanı ile elektromanyetik alanın birleşimine dair diferansiyel denklemi vardır; Schroedinger veya Dirac'ın dalga denklemi vardır. İkisi de, işlemsel tanımları dahil edersek, bize gelecek gözlemleri nasıl öngöreceğimiz hakkında fikir verir; ancak bu matematiksel yapının arkasında ne gibi bir "fiziksel gerçeklik" olduğunu söylemezler; oysaki Newtoncı fizik bize bu denklemlerin "arkasında" hareket halindeki "madde"den meydana gelen bir gerçeklik olduğunu söyledi. Sullivan'a göre "bilimin bir yapının bilgisiyle sınırlı olduğu gerçeğinin, büyük bir "insani" önem taşıdığı açıktır. Çünkü bu, gerçekliğin doğası meselesinde peşin bir hüküm olmadığı anlamına gelir." Ar-

tık yalnızca "hareket halindeki madde"nin gerçek olduğuna inanmak zorunda olmadığımızdan, "bundan böyle güzelliğe verdiğimiz tepkinin veya mistik insanların Tanrı ile birlik olma hissinin, nesnel bir karşılığı olmadığına inanmamız beklenmez. Bunların, çoğu zaman kabul edildiği gibi, gerçekliğin doğasına dair ipuçları olmaları kesinlikle mümkündür."

Bu argüman kısaca fiziğin evrimleşmesindeki keskin bir çatlağı vurgulamak anlamına gelir; "mekanistik (Newtoncı)" fizik devrinde, yalnızca maddi kütleler ve onların hareketleri gerçeklikler olarak kabul görürken, 20. yüzyıl fiziği gerçekliğin ne olduğuna dair hiçbir şey söylemez. Dolayısıyla, Newtoncı fizik "güzelliği ve dini inancı" gerçeklikler olarak kabul etmeye karşı çıkarken, görelilik kuramı ile kuantum teorisi, "güzellik ve inanç"ın gerçeklikler olduklarına inanma konusunda uzlaşıyorlardı. Fakat bu argüman fazlasıyla basitleştirilmiş bir haldedir. Maddi kütlelerin tek gerçeklik olduğu iddiası ile Newtoncı fizik arasında hiçbir ayrılmaz bağ yoktur. Mesela, 19. yüzyılın ikinci yarısında, maddi kütlelerin hiçbir şekilde gerçek olmadıkları fikrini savunan bir enerji bilimi okulu vardı; bunlar "enerji"nin fizikteki tek gerçeklik olduğunu düşünüyorlardı. Liderleri İngiltere'de Rankine, Almanya'da Ostwald ve Fransa'da Duhem olan bu okul, kendi yorumları sayesinde güzellik ve inanç gibi şeylerin artık "gerçeklik"in dışında tutulmadıklarını ileri sürmüştü bile. Enerji bilimleri okulunda, özellikle de Ostwald'ın takipçileri arasında talih, güzellik ve coşku gibi zihinsel şeyleri "enerji" türleri olarak kabul etme eğilimi görürüz.

Başka bir açıdan baktığımızda da, kuantum mekaniğinin kuramlarının arkasında yatan gerçekliklere dair açıklamalarda bulunan pek çok bilim insanı bulabiliriz. Mesela, bazı yazarlar atomaltı fiziğindeki tek gerçekliğin, de Broglie dalgalarından meydana geldiğini iddia ederler. Tabii ki burada

mekanistik fiziğin karşılaştığı zorlukla karşılaşırız; güzellik ve Tanrı ile mistik birliği, de Broglie dalgaları olarak ele almak akla yatkınlık bakımından, bunları maddi kütleler olarak kabul etmekten daha iyi değildir. Güzellik, dini deneyim vb. bütün zihinsel şeyler, kuantum mekaniğinin ne kadar bir parçasıysalar, Newton fiziğinin de o kadar parçasıdırlar. Kurama metafizik yorumlar olarak eklenirler ve bu Newtoncı fizikten yola çıkarak da aynı derecede yapılabilir.

Başka bir ifadeyle, bu zihinsel şeyler bilimin alanına, ortakgörü deneyimiyle kurulan analojiler olarak dahil olurlar. 20. yüzyıl fiziğinin ilkelerinin, Newtoncı fiziğin ilkelerine göre, ortakgörü önermelerine çok daha uzak olmaları buradaki tek gerçek çatlaktır. Mesela, belirlenebilirlik ilkesini[11] ortakgörü analojileri kullanarak yorumlayacak olursak, zihinsel görüngülere dair daha "üst" veya karmaşık türden önermelere kolaylıkla ulaşırız. Dünyanın, nedenselliğin demir zincirinden azat olduğunu söyleriz; Sullivan'ın dediği gibi[12] elektron artık çok belirsiz bir şeydir. Kesinlikle "Viktoryenlerin katı ve somut, küçük atomu" gibi çok belirgin bir şey değildir. Sullivan, Viktoryenlerin kabul ettikleri sert davranış kurallarının gevşemesiyle yeni atomik fizik arasında bir ilişki olabileceğini sezdirir. Önde gelen İngiliz fizikçilerden olan Jeans, kendi ortakgörü analojilerini, evreni bir hapishaneyle karşılaştırarak ifade eder. Şöyle der:[13]

> Klasik fizik, istencin özgürlüğüne açılan her türlü kapıyı sıkıca kapatıp sürgülüyordu; yeni fizik ise bunu pek yapmaz, hatta neredeyse kapının kolunu bulursak onu açmamızı tavsiye eder. Eski fiziğin bize gösterdiği evren, yaşam alanından çok hapishane gibi görünüyordu. Yeni fizik, yalnızca bir sığınak değil, özgür insanlara uygun bir yaşam alanı olabilecek bir evren sunar – içinde en azından olayları kendi isteklerimize göre şekillendirmemizin mümkün olduğu ve emek verip bir şeyler elde edebildiğimiz hayatlar sürebileceğimiz bir ev sunar.

Bu yorumların, fizik kitaplarından, eğitimli acemileri aydınlatma amaçlı dergilere, felsefe kitapları aracılığıyla aktarıldıklarında nasıl göründüklerini öğrenmek faydalı olacaktır. Önemli bir eğitim ve politika yazarı olan Erwin D. Canham şöyle yazar:[14]

> 19. yüzyıl boyunca ve 20. yüzyılın bir kısmında, kendine güvenen bir materyalizm atmosferinin içinde yaşadık. ... Mekanistik bir dünyamız vardı ve bunun en tepesinde oturuyorduk. Maddenin görünen kuvvetlerine bağlanmıştık ve madde bizim Tanrımızdı. Doğa bilimcisi, İncil'deki kutsal vahiylere, ateizm ve rasyonalizmin öğretileriyle karşı çıkıyordu. Bu materyalizm devrinin, atom bombası Hiroşima'nın üzerinde patlayana kadar sürdüğü bile söylenebilir. ... Bana kalırsa, artık maddenin gerçek anlamda intihar etmiş olduğunu söylemek doğru olur – altında yatan düşünme biçimi karşılıklı bağımlılığa dair yeni kavramlara göre şekillenmiş olmadığı sürece, maddenin hiç kimseyi koruyamayacağı veya hiç kimseye bir yardımının dokunamayacağı ortaya çıkmıştır.

Bu argüman oldukça doğru bir şekilde, bir bombanın patlamasından kaynaklanan iyi ile kötünün sorumluluğunun, bomba içerisindeki patlayıcı maddeye değil, araştırma, üretim ve askeri harekattaki insan itkilerinin bir sonucu olarak birbirlerini tehdit eden insanlara ait olduğunu öne sürer. Newton'ın fiziğinin kurallarına uyarak patlayan "geleneksel bombalar" zamanında da, Hiroşima'daki bomba 20. yüzyıl kurallarına göre patladığı zaman da durum böyleydi. Yukarıda sözü geçen makalesinde Canham şöyle yazar:

> İçerisinde maddenin artık eski gerçekliğine ve somutluğuna sahip olmadığı yeni bir kozmos anlayışı, genel olarak çoğu doğa bilimcisi tarafından kabul edilmektedir. Doğa bilimcileri, 19. yüzyılda bütün cevapları bildiklerini ve evrenin özenli bir mekanistik ambalajla paketlenmiş olduğunu düşünüyorlardı. Günümüzdeyse, yapılan açıklamalar Heisenberg'in kendi kendini

tarif eden "Belirsizlik İlkesi" etrafında dolaşmaktadır. Bu oldukça umut vadeden bir değişimdir.

Bu ifade, çağdaş fizik anlatılırken çokça kullanılan "ortakgörü analojileri"ni kelimesi kelimesine, hakiki anlamlarıyla dikkate almanın ne şekilde yanıltıcı olabileceğinin çok iyi bir örneğidir. "Bütün cevapları bilen" yaşlı fizikçiler, "belirsizlik ilkesi"nin hâkim olduğu çağdaş fizikle karşılaştırılırlar. Bu kitapta verilen, atomaltı fiziğinin "bilimsel yönüne" bakarak, Heisenberg'in ilkesindeki "belirsizlik" kelimesinin "bilimsel bir kuramın doğruluğuna dair belirsizlik" anlamına gelmediğini açıkça görebiliriz. Bu ilke, daha ziyade, fiziksel bir sistemi tarif ederken "parçacıklar" gibi sadece eski, Newtoncı kavramları kullanmak istersek zorunlu olarak işe dahil olan bulanıklığa işaret eder. Her şeyden önce, "gerçeklik" kelimesinin kendisinin, ortakgörü dilimizin ötesine uygulandığında, bu "ortakgörü analojileri"nin bir parçası olduğunu unutmamamız gerekir. "Gerçek" ve "gerçeklik" kelimelerinin ne şekilde kullanıldıkları ve bu kelimelerin, en katı anlamıyla fizik bilimi ile bu bilimin insan davranışlarını etkilemek için kullanılması arasındaki ilişki açısından önemi konuları üzerine daha ayrıntılı bir araştırma yapılabilir.

3. "Belirlenemezlik" İlkesinde Bilim ve Metafizik

Atomaltı fiziğin "bilimsel yönünü" öğrendik;[15] başlangıçtaki deneysel koşulların verilmesi halinde, noktasal olayların ve itme olaylarının dağılımına dair gelecekteki istatistikleri hesaplamalar yaparak nasıl öngöreceğimizi öğrendik. Bu öngörü için kullanılan yöntem, Schroedinger'in dalga denkleminin integralinin alınması, ψ-fonksiyonuyla tarif edilen de Broglie dalgasının hesaplanması ve ψ'nin karesinin belirli bir bölgede meydana gelen noktasal olayların ortalama sayısı olduğunu söyleyen işlemsel tanımın uygulamasından oluşur.

Atomaltı fizikteki uygulamaların hepsi aşağı yukarı bu türdendir. Mesela, nötronların etkisi sonucu fizyona dahil olan uranyum çekirdeklerinin sayısını öngörmek isteriz, çünkü bu öngörü kuantum teorisinin nükleer enerji üretimine uygulanmasıyla büyük oranda bağlantılıdır. Bu tür bir öngörü matematiksel açıdan bakıldığında, belirli bir bölgedeki noktasal olayların sayısıyla ilgili öngörülerin hepsiyle aynı türdendir. Dolayısıyla, uygulamaların hepsi belirlenemezlik ilkesini pek de dikkate almadan yapılabilir. Bu ilke yalnızca, parçacıkların "zamanda ve mekânda" yollar izledikleri geleneksel anlayışı veya başka bir ifadeyle, *t* zamanının sürekli fonksiyonları olarak tarif edebileceğimiz *x, y, z* dik koordinatlarını kullanarak meselemizi ne dereceye kadar formülleştirebileceğimizi sorduğumuzda bir role bürünür. Heisenberg, Schroedinger ve de Broglie'nin çalışmaları göstermiştir ki noktasal olay, olayların uzayda gerçekleşeceği noktalardan geçen yörüngelerin kullanılmasıyla öngörülemez. Böyle bir öngörüde bulunmak, ancak ψ-fonksiyonunun hesaplanması ve bu fonksiyonun işlemsel anlamının uygulanmasıyla mümkündür.

Aslında atomik fizikte kullanılan yöntemin tarifi de budur. Atomik fizikte, geleneksel ortakgörü dilimiz aracılığıyla dünyayı tarif ederken kullandığımız kavramlara çok uzak olan kavramlar kullanırız. Bu bağlamda "belirlenemezlik ilkesi", bir yörüngede hareket etmekte olan bir parçacığın, her bir anda belirli koordinat ve belirli hız bileşenlerine sahip olduğu anlamına gelen, parçacıklar ve yörüngeler gibi kavramlardakine benzer şekilde, bir ortakgörü kavramlarını kullanma girişimidir. Bu girişim, parçacıkların hareketine dair, gözlemlenebilir sonuçları dalga mekaniğinin uygulanmasıyla, yani ψ-fonksiyonunun Schroedinger'in dalga denkleminden hesaplanmasıyla elde edilen sonuçlarla özdeş olan yasalar icat etmek için yapılmıştır. Parçacıkların hareketlerine dair bu

türden yasaları ifade edebilmek için, pek tabii ki, bu parçacıklarca geçilen yörüngeler anlayışını bir tarafa bırakmamız gerekir; yörüngelerin var olduklarını varsaymak, kuantum mekaniğinin sonuçlarını Newtoncı mekaniğin sonuçlarından elde etmeye çalışmaya kalkışmak olur. Bu nedenle, tamamen yeni hareket yasalarının kullanılması zorunludur.

Dalga mekaniğinin sonuçlarını parçacıkların davranışlarından yola çıkarak elde edebilmek için, "koordinatların belirlenemezliği" veya "bir parçacığın momentumları" veya "bir parçacığın bir ekranın belirli bir bölgesinde ürettiği çarpmaların ortalama sayısı" vb. gibi kavramlar kullanmamız gerekir. Tabii ki, parçacıkların hareketlerine dair bu yasalar, hem Newtoncı yasalardan hem de parçacıklarla ilgili ortakgörü fikirlerimizden çok farklıdır. Bohr'un belirttiği gibi, atomik bir nesneye (örneğin elektrona), parçacıkların geleneksel özelliklerini atfetmekten kaçınmamız gerekir. Daha önce öğrendiğimiz gibi,[16] "bir parçacığın konumu ve hızı" terimi küçük parçacıklara uygulanırsa, işlemsel anlamı olmayan bir ifadeye dönüşür. Parçacıkların geleneksel özelliklerini taşımayan bu parçacıkları "insanlaştırmak" için sormamız gereken soru, bir parçacığın geleneksel özelliklere sahip olup aynı zamanda da çok küçük olması durumunda nasıl davranacağıdır. Bu soruyu sorunca ilk olarak Heisenberg'in ulaşmış olduğu ünlü sonuca ulaşırız: Bir parçacığın konumunu ölçmeye çalışmakla, momentumunun ölçülmesine; momentumunu ölçmeye çalışmakla da konumunun ölçülmesine engel olunur.

Bu şekilde konuşmakla, ortakgörü deneyimiyle kurulan analojilerden biri, yani gerçek yörüngeler izleyen parçacıklardan bahsetme alışkanlığı sürdürülmüş olur; parçacıklar konuma ve momentuma "sahiptir", ama ikisi eşzamanlı olarak gözlemlenemez. Ortakgörü deneyiminden alınmış bir analo-

ji olarak düşünüldüğünde, bu şekilde konuşmak doğrudur. Bunun gerçekten meydana gelen şey olduğunu iddia ettiğimizde ise, konuşmamız atomik nesnelerin aslında nasıl davrandıklarına dair bir "metafiziksel yorum" halini alır. Alfred Landé,[17] kuantum mekaniği üzerine yazdığı kusursuz ders kitabında çok doğru olarak şöyle der: "Verili herhangi bir zamanda belirli konumları ve momentumları olan parçacıklar olduğunu kabul edip de bunların doğanın kötücül bir kaprisinden dolayı hiçbir zaman deneyle desteklenemeyeceğini ileri sürmek fizik dışıdır."

Landé, yine doğru ve berrak bir şekilde, bu metafiziksel yorumdan kaçınmak için, Niels Bohr'un belirlenmezciliğin koşullarının uygulanmak zorunda olduğu durumu tarif etmekte kullandığı yolu takip edebileceğimizi vurgular. Bohr, çok açık bir biçimde şöyle demiştir:

> Deneysel bir düzenek veya durum, konumları Δ_x payı ile tanımlanan parçacıklar bağlamında yorumlanabiliyorsa, bu durumda aynı düzenek veya durum, momentumları $\Delta_p = h/\Delta_x$'ten daha kesin bir şekilde tanımlanan parçacıklar aracılığıyla yorumlanamaz ve bunun tam tersi de geçerlidir.

Burada dikkat çeken nokta, Bohr'a göre her bir durum veya düzenlemenin parçacıklarla "yorumlanabilir" olmasıdır; ancak Bohr, parçacıkların "var" olduğunu iddia etmez. Bohr'un atomaltı görüngülerin yasalarını ifade etme yoluyla sınırlı kalırsak, bu türden görüngülere dair fizik kuramı, ilke olarak, herhangi bir fizik kuramından farksız olacaktır. Daha önce özel durumlara dair yaptığımız tartışmada tarif ettiğimiz mantıksal yapının aynısına sahip olacaktır. Heisenberg'in belirlenemezlik ilkesi ve Bohr'un tamamlayıcılık ilkesi ile ortaya çıkan felsefi yorumlar, bu ilkelerin, atomaltı görüngülerle ilgili bu Bölüm ve 9. Bölüm'de verilen katı bilimsel anlamda, atomaltı görüngülerin "yorumları" olduklarını sıkı

sıkıya aklımızda tuttuğumuz sürece herhangi bir bulanıklığa veya irrasyonel öğeye sebep olmazlar.

Bu "yorumlar" başımıza bela olabilir, ama bunu ancak onları fazla ciddiye alır ve gerçekliğe dair önermeler olarak değerlendirirsek yaparlar. Atomaltı fiziğinde "gerçek" fiziksel nesnelerin ne olduklarını sorarsak, kendimize dert yaratmış oluruz. Parçacıklar mı "gerçektir", yoksa (ψ-fonksiyonuyla tarif edilen) de Broglie dalgaları mı? "Parçacıklar gerçektir" dersek, "gerçek bir parçacığın" belirli bir zamanda belirlenemez bir konuma sahip olduğunu söylemenin ne anlamı vardır? Diğer taraftan, de Broglie dalgalarının "gerçek" olduklarını söylersek, ψ'nin işlemsel anlamının noktasal olayların uzayın belirli bir bölgesinde meydana gelme olasılığıyla bağlantılı olduğunu not düşmemiz gerekir. Eğer bu olasılık dalgalarının gerçek olduğunu söylersek, "dalga" kelimesini "intihar dalgası", "hastalık dalgası" vb. ifadelerdeki anlamıyla kullanmış oluruz. Bir "grip dalgasın"dan "gerçek bir dalga" olarak bahsetmek, "gerçek" kelimesinin alışılmışın dışında bir kullanımı olur.

Saygın bir fizik ve ayrıca bilim felsefesi yazarı olan Henry Margenau,[18] atomaltı fizikteki ve kuantum mekaniğindeki gerçeklik meselesini ayrıntılı olarak tartışır. Margenau'ya göre tartışmamızı özel bir meseleye, yani de Broglie dalgaları "fiziksel gerçekliği" oluştururken, atomaltı fizikte, parçacıkların (elektronlar, nötronlar vb.) "gerçek şeyler" olarak kabul edilip edilemeyecekleri ve sadece birer "inşa"dan mı ibaret oldukları sorusuna sınırlamalıyız. Margenau şöyle der:

> Olasılıkların doğanın tarif edilmesinde temel aletler olarak kullanılması deneyimimizin iki alana bölünmesi sonucunu doğurmuştur: Ayrıntıları tam olarak öngörülemeyen dolaysızlıklardan (gözlemler, ölçümler) meydana gelen bir alan ile kanunları, düzenlilikleri, daimi tözleri, korunma ilkelerini ve benzerlerini içinde toplayan, daha arı ve rasyonel ikinci bir alan.

Margenau ilk alana *tarihsel*, ikinci alana ise *fiziksel gerçeklik* adının verilmesini önerir. Bu ikiliği atomaltı fiziğin görüngüleri ve yorumlarına uygularsak, elektron veya fotonların çarpmasıyla ekran üzerinde üretilen karanlık noktaların *tarihsel gerçekliğin* öğeleri oldukları açık görünür; deney düzeneği onları tekil olarak belirlemez. Ancak, deney düzeneği desenin kendisini veya matematiksel terimlerle ifade edersek, dalga denkleminin çözümünü (Schroedinger'in ψ-fonksiyonunun çözümünü) anlam belirsizliğine yer bırakmadan belirler; ayrıca ψ-fonksiyonu zamanın bir anında tüm uzay için bilinirse, tüm zamanlar için hesaplanabilir. Margenau bundan dolayı ψ-fonksiyonunu *fiziksel gerçekliğin* bir parçası olarak görür. Bu görüşünü meşru bulmasının sebebi "gerçek olanı, zaman ve mekânda nedensel olarak birbirine bağlanan deneyim öğeleriyle özdeşleştiren felsefi görüştür. ... Buna dayanarak güvenle diyebiliriz ki ... temel bir iddia olarak yasaya ve düzene başvurma yasaklanırsa, fizik bilimi gerçeklik üzerindeki hâkimiyetini kaybeder." Tekil olaylara bakacak olursak, mesela bir ekran üzerindeki tekil çarpmalar ve tekil noktaların görünmesi gibi, hiçbir düzenlilik olmadığını not düşeriz. Ancak, ekran üzerindeki çarpmaların veya noktaların desenini bir bütün olarak düşünürsek, desenin çok basit ve bariz bir yasaya uyduğunu görürüz. Bu noktaların dağılımı veya olasılığını belirleyen ψ-fonksiyonu nedensel bir yasaya uyar. "Düzenlilik," der Margenau, "öncelikle toplamlarda veya tekil olaylara atfedildiğinde bu olayların parçası olan *olasılıklarda* bulunur. Yasaların yönettikleri, bu olasılıklardır; yasalar basit oluşumları yönetmezler." Margenau'ya göre "gerçeklik", nedensel bir yasaya uyan niceliklere atfedileceğinden, doğru bir şekilde, şu sonuca ulaşırız:

> Fiziksel bilimin ruhuyla uyum içinde olmak için, geçmişteki birçok düşünürün hoşuna gitmeyecek bir sonucu kabul etmemiz

gerekir; bu sonuç *olasılıkların gerçekliği ölçmeye vakıf olduklarıdır.* ... Dolayısıyla, fiziksel gerçeklik olarak olasılık, madde barındırmayan sürekli bir ortam gibi uzayın her yerine yayılır. Aslında, bir alan oluşturur.

Olayların olasılıkları ψ-fonksiyonunun karesiyle ölçüldüğünden, ψ-fonksiyonu ile tarif edilen dalganın fiziksel bir gerçeklik olduğunu da söyleyebiliriz. Kitabın atomik fizikte nedensellik üzerine olan kısmında[19] ψ-fonksiyonunun bu rolünü saf bilimsel açıdan inceleyeceğiz. Bir sistemin durumunu ψ-fonksiyonu ile tarif etmemiz halinde nedensellik yasasının geçerli olduğunu görmeliyiz. Bu noktaya kadar, hiçbir felsefi veya metafiziksel yorum işe dahil olmaz. Yorum, fiziksel bilimin önermelerinden gittikçe daha fazla uzaklaşır; biz "gerçeklikten", özellikle de "fiziksel gerçeklikten" daha fazla bahsettikçe, yorum da gittikçe daha "metafiziksel" hale gelir. ψ-fonksiyonunun nedensel bir yasaya uyduğunu söylemek yalnızca fiziktir. Fakat, Margenau'nun dediği gibi, ψ-fonksiyonunun nedensel bir yasayı takip ettiği *için* fiziksel bir gerçekliği tarif ettiğini söylemek metafiziksel bir yorumdur. Yalnızca nedensel bir yasaya uyanın gerçek olduğunu söylemek, ortakgörü deneyimiyle bir analoji ortaya koymak demektir. Ortakgörü deneyimimizin sıradan cisimleri, taşlar veya gezegenler ya da hayvan vücutları, nedensel bir yasayı takip eder. Bu sebeple, nedensel yasalara uyan tüm cisimlerin, benzer şekilde "gerçek" olduğunu söyleriz. Margenau, bu anlamda, olasılığın veya ψ-fonksiyonunun fiziksel gerçekliğin bir parçası olduğunu söyler.

Bu önerme, ancak ve ancak, bu nesnelere nedensel yasaya uydukları için "gerçek" dediğimizi aklımızda tutar ve "gerçeklik" ile nedensellik arasında kurulan bu bağlantının sadece ortakgörü deneyimiyle kurulan bir analojiye dayandığını unutmazsak, kesinlikle doğrudur. Bazı yazarların, "olasılık-

lar"ın "gerçeklik"ini kabul etmediklerine ve parçacıkların (elektronların, nötronların, vb.) fiziksel gerçekliğin parçası olduklarını iddia etmelerine dikkatimizi verirsek bunu kolayca görebiliriz. Bunlar arasında en saygınlarından biri olan, bilim felsefesi üzerine iki ders kitabı ile pek çok makalenin yazarı William H. Werkmeister'den[20] bahsedebiliriz. Werkmeister, "fiziksel gerçeklik" üzerine olan bütün anlayışların, kayalar ve gezegenler gibi ortakgörü diline göre "gerçek" olan "sıradan şeyler"den yola çıkmak zorunda olduğunu ileri sürer. Daha sonra, "sıradan şeyler" ile doğrudan etkileşim halinde olan nesnelerin de işe dahil edilmesinin zorunlu olduğunu iddia eder. Fiziğin alışılmış dilinde, elektronların veya başka atomaltı parçacıkların, gözle görülebilir metal parçacıklarıyla etkileşime girdiklerini ve bu etkileşimin (örn. saçılmanın) matematiksel fizikte türetilen formüllerle tarif edildiğini söyleriz. Buna dayanarak, Werkmeister, bu atomik parçacıkların, sıradan şeylerle birlikte "fiziksel gerçeklik"e dahil edilmesinin zorunlu olduğunu savunur. Fakat olasılıklar veya "ψ-fonksiyonları", ortakgörü diline olabildiğince yakın sözlerle ifade edersek, sıradan şeylerle etkileşime girmezler.

Margenau'ya göre, de Broglie'nin "olasılık dalgaları" fiziksel gerçekliğe aittirler ama parçacıklar için durum böyle değildir; diğer taraftan Werkmeister'e göre parçacıklar atomaltı fizikteki tek "gerçek nesneler"dir. Bu kitabın sunduğu felsefi yoruma göre, Margenau'nun ve Werkmeister'in "fiziksel gerçeklik" üzerine önermeleri arasında herhangi bir çelişki yoktur. İkisinin de önermeleri aynı bilimsel öğretiye, de Broglie'nin ve Bohr'un kuantum teorisine dayanırlar; ama aynı bilimsel kuramı ortakgörü deneyiminden alınmış farklı analojilerle yorumlarlar. İki önerme yalnızca, metafiziksel önermelerin, "akıl ile görme"nin veya "gözlemlenebilir olguların arkasındaki mutlak gerçekliği algılama"nın sonuçları ol-

duğuna inanılırsa çelişkili hale gelir. Bu durumda, Margenau mutlak gerçekliğin kesinlikle maddi olmayan, bunun yerine zihinsel veya tinsel olan olasılık dalgalarından meydana geldiğine inanır; Werkmeister'in önermesindeyse mutlak gerçeklik maddi parçacıklardan veya bazı filozofların dediği gibi biçimsiz madde parçacıklarından meydana gelir.

İlk durumda, atomaltı fizik idealist veya tinselci dünya görüşlerinin destekçisi haline gelirken, ikinci durumda 20. yüzyıl atomik fiziği "idealizm"i desteklemek veya "maddecilik"i çürütmek için kullanılamaz. Böyle metafiziksel yorumlar çoğunlukla arzulanan insan davranışlarını, el üstünde tutulan bir yaşam biçimini destekleme amacını taşırlar.

Margenau'nun "olasılık dalgaları"nın fiziksel gerçekliğin parçası olduklarını belirten önermeyi, analojilere dayanan bir yorum olarak değil, gerçeklikle ilgili olan "doğru bir önerme" olarak kabul ettiğine neredeyse hiç şüphe yoktur. Bu durum özellikle Margenau'nun gerçeklik konusundaki tutumunu Bohr'un görüşüyle karşılaştırırsak açıklık kazanır. Bohr'un tamamlayıcılık ilkesine göre, tek başlarına atomik nesnelerin sadece bir tane tarifleri yoktur. Birbirini kapsamayan farklı deney düzenekleri, aynı atomik nesnelerin farklı tariflerini verirler. Atomik nesnenin kendisini uzlaşımsal terimler bağlamında tarif edemediğimizden, nesneyi özel bir deney düzeneği çerçevesinde düşünmek zorunluluğumuz vardır; buna özel gözlem işlemi de denilebilir. Elimizde böyle özel bir durum varken, kuantum teorisinin matematiksel ifadelerinin kullanılması, bir başka ifadeyle, ψ-fonksiyonunun diferansiyel denkleminin kullanılması, deneyimizin sonucu olarak bekleyebileceğimiz görüngüleri öngörmemize izin verir. Bohr'a göre "görüngü" kelimesinin ortakgörü dilinde anlaşılması gerekir. Bunu şu şekilde ifade eder:[21] "Görüngüler, kla-

sik fiziksel açıklama sahasının ne kadar dışına çıkarlarsa çıksınlar, tüm kanıtların hesabı klasik terimlerle verilmelidir."

Bohr, "görüngü" veya ψ-fonksiyonuna "gerçek" sıfatını vermeyi reddedecektir. Margenau ise Bohr'un bu konudaki tutumunu şöyle tarif eder:

> Fizik, doğayı klasik gözlemlenebilirler (parçacıkların konumları vs.) aracılığıyla tarif etmek ile ψ-fonksiyonları gibi soyut durumlar aracılığıyla tarif etmek arasında seçim yapma hakkına *sahip*tir. İlk seçenek görselleştirmeye (görüngülere) olanak tanır ama nedensellikten vazgeçmeyi gerektirir; ikincisi görselleştirmeye olanak vermez ama nedensellik fikrinin sürdürülmesine izin verir. Bu iki seçenek arasında hiçbir zaman uzlaşma sağlanamaz. ... Bohr'un bilimden beklediği, bilimin bir seçim *yapması* değildir; bilimin, kendisini ebedi bir açmaza teslim etmesini bekler. Bilim insanının yaşamını bu açmazla sürdürmesini bekler fakat bu tavsiye felsefi açıdan sağlıklı değildir.

Bohr, bu duruma dair herhangi bir ikilem görmez. Ona göre, aynı atomik nesnenin farklı amaçlara hizmet eden ve birbiriyle çelişmeyen iki tarifi vardır.

Margenau'nun sözleriyle, "Aslına bakarsanız bilim seçimini yaptı ve ikinci seçeneği (ψ-fonksiyonlarıyla yapılan tarifi) tercih etti."[22] Gerçekten de bilim tercihini, ψ-fonksiyonunun kullanılmasının belirli bir deneyin sonucunu hesaplamak için en iyi yöntem olduğu yönünde kullanmıştır. Eğer "gerçeklik" denen şey buysa, Margenau "olasılık dalgası"nın "gerçek" olduğunu ileri sürmekte haklıdır. Bohr'a göre, ψ-fonksiyonu ile yapılan anlatım ile "gözlemlenebilirler" aracılığıyla yapılan anlatım, Margenau'nun dediği gibi "rakip teoriler" değildir; bunlar arasında yapılabilir ve bir gün yapılacak olan bir tercih yoktur; ikisi bir ve aynı kuramın verdiği iki tariftirler. Margenau, Bohr'un görüşü için "bilinemezcilik" der ve bu da geride durmayı teşvik edip araştırmanın cesaretini kırdı-

ğı için tehlikelidir. Fakat Bohr kendi görüşünü bilinemezcilik veya kararsızlık olarak görmez; aksine Bohr'a göre bu özel bir önemi olan bir karardır, çünkü bütün mümkün koşullar altında görünen görüngüleri, tek bir dünya resmi içinde birleştirmeyi tercih etmek anlamına gelir. Felsefi yorum düzeyinde konuşacak olursak, ortakgörü deneyimiyle kurulması mümkün olan tüm analojileri, bir dünya resmi içinde birleştirmeyi seçmektedir.

4. Fizik ve "Özgür İstenç"

20. yüzyıl atomaltı cisimler mekaniğimizin, insan istencinin "özgür kararları" olduğunu ileri süren öğreti ile Newtoncı mekaniğin öğretileri arasında önceden var olan anlaşmazlığı çözdüğü tekrar tekrar söylenmiştir. Newton'ın mekaniğine göre, hareketin önceki herhangi bir andaki durumu ve tüm kütlelere etki eden kuvvet bilinirse, bütün maddi parçacıkların konum ve hızları $m \times a = f$ türünden denklemlerle hesaplanabilir; burada m kütleyi, a ivmeyi, f ise kütlesi m olan parçacık üzerine etki eden kuvveti simgeler. Bu denklemler ancak f kuvvetini bilirsek hesaplanabilirler. Bütün fiziğimiz, pratikte sadece üç çeşit kuvvet olduğu varsayımına dayanır; yerçekimsel kuvvetler, elektromanyetik kuvvetler ve yakın zamanın fiziğinde yer alan nükleer kuvvetler. Eğer $m \times a = f$ denklemini saf fiziksel anlamında ele alırsak (*bkz.* 4. Bölüm), Newtoncı denklemdeki f'nin yerine herhangi bir "tinsel güç" veya "istenç gücü" koyamayız. Gözlemlenen hareketlerin hepsi "istenç gücü"nü f'nin bir bileşeni olarak almadan hesaplanabilirse, "istenç" maddi kütlelerin hareketine etki edemez. Her türlü insan eylemi kütlelerin hareketine yol açtığından, Newtoncı mekanik katı fiziksel anlamda doğruysa, istenç gücü ortaya herhangi bir eylem çıkaramaz. Fakat istenç gücünün Newtoncı denklemdeki f'nin yerini alabileceğini

varsayarsak, Newton'ın mekaniği ile "özgür istenç" arasında herhangi bir anlaşmazlık kalmaz.

Newtoncı mekaniğin fiziğin su götürmez temeli olarak kabul edildiği dönemde, mekaniğin yaptığı öngörülerde "boşluklar" bulmak ve bunları özgür istencin işe dahil edileceği "açıklıklar" olarak kullanmak yönünde pek çok çaba oldu. Mesela birçok yazar, üzerine etki eden kuvvetin doğrultusuna dik hareket eden bir parçacığın iş yapmayacağını ve dolayısıyla enerji harcamayacağını vurguladı. Dolayısıyla "istenç kuvveti", böyle bir hareketi, Newtoncı mekanikten türetilen enerji korunumu yasasını ihlal etmeden üretebilirdi. "Boşluk" bulmanın daha gelişmiş bir yolu, mekaniğin diferansiyel denklemlerindeki "tekil" noktalara işaret etmekti. Böyle bir noktada kuvvetin alanı sonsuz veya belirsizdir; *a* ivmesi içinse denklemlere dayanarak kesin bir değer hesaplanamaz. Burada, bazı filozoflara göre, istenç gücü devreye girebilir ve maddi kütlelerin hareketlerini belirleyebilir.

Ancak "istenç kuvveti" Newton'ın denklemlerindeki *f*'nin yerinin alabiliyorsa, "istencin özgürlüğü"nü mekanikle bağdaşır hale getirmek için "boşluklar" olması zorunlu değildir. Diğer yandan, "istenç kuvveti" maddi bir kütleyi hareket ettiremiyorsa, "boşluklar" bir işe yaramaz. Örneğin, kütleler mekanik kuvvete dik olarak hareket ettirilecekse, belirli herhangi bir doğrultudaki hareketi sağlamak için bir "kuvvet" gereklidir. Hareketin hiçbir yanı enerjiye ihtiyaç duymasa da, doğrultunun belirlenmesi için bir "kuvvet" gereklidir. Mesela belirli bir hareketi seçmek için momentumda bir artış olması lazım gelir. Aynı şekilde, "tekil" bir nokta varsa, bunun ötesindeki hareket yalnızca fazladan bir hareket yasası kullanılarak belirlenebilir. Fakat böyle olunca da mesele yine önceki haline dönmüş olur. Diferansiyel denklemlerin "tekil" bir noktasındaki bir parçacığın hareketini bir "istenç kuvveti"

belirleyebiliyorsa, bu kuvvetin Newtoncı denklemdeki *f*'nin yerini almasının meşru olmadığını beyan etmek için sebep yoktur. Bu durumda, "sıradan" bir noktadaki parçacığın hareketi de yerçekimsel ve elektromanyetik kuvvetlere ek olarak "istenç gücü"ne bağlı olacaktır. "Özgür istenç" herhangi bir "boşluk" gerekmeden anlaşılabilir olacaktır.

Sonuç olarak "özgür istenç"i boşluklarla temellendirmeye çalışmak karşılığı olmayan bir çabadır; istenç gücü fiziksel bir kuvvetin yerine geçebiliyorsa, boşluklar gereksizdir; böyle bir yer değişikliği meşru değilse, boşlukların bir faydası yoktur, çünkü ihtiyaç duyulan şey bir kütlenin bu boşluktan başlayan hareketini belirleyen ek bir yasadır. Bu ilave yasa kesinlikle fiziksel bir yasadır, çünkü maddi kütlelerin hareketini belirler. İstenç gücü bu ek yasada herhangi bir rol oynayabiliyorsa, bu rolü asıl Newtoncı yasalarda da pekâlâ oynayabilir. Tüm bu sebeplere dayanarak, mekanik yasalara "boşluklar" eklenmesinin "özgür istenç" meselesine hiçbir faydası dokunmaz. Bu argümanı kabul ederek, Newtoncı mekaniğin yerine Bohr'un veya Heisenberg'in kuantum mekaniğinin, başka bir ifadeyle, atomaltı parçacıkların mekaniğinin konulmasının, "özgür istenç" veya "özgür tahkim" meselesinde yararlı olmayacağı sonucuna kolaylıkla varırız.

Bu duruma berraklık kazandırmanın belki de en iyi yolu, onu, daha önce "bilimsel yön"ün incelenmesinde kullanmış olduğumuz, atomaltı fizikten bir örnekle açıklamaktır.[23] Bir diyafram üzerindeki bir delikten geçip bir ekrana çarpan bir elektron demetini seçebiliriz. Newtoncı mekaniğe göre, bir parçacığın ekrana çarptığı nokta, parçacığın ekran üzerindeki delikten geçtiği andaki durumuna dayanarak öngörülebilir. Newtoncı mekanikte, bu durumu meydana getiren, parçacığın diyaframdan geçiş zamanındaki konum ve momentumudur.

Atomaltı mekanikte ise böyle bir durum yoktur. Sadece diyaframdaki deliğin konumunu ve elektron demetinin başlangıçtaki yolunu biliriz. Atomaltı mekanik kuramı bu koşullara dayanarak ekran üzerindeki çarpmaların istatistiksel dağılımını hesaplamamıza izin verir; her saniye ekranın bir inç karesinde ortalama kaç tane çarpmanın açığa çıkacağını bulabiliriz. Bu dağılımı, dalga mekaniğinin yasaları işlemsel tanımlarla birlikte tek ve kesin olarak belirler. Bu yasalar Newton mekaniğinin nedensel yasalarının yerini alır. Diyaframdan geçen elektronlara herhangi bir Newtoncı (yerçekimsel veya elektromanyetik) kuvvet etki etmiyorsa, bunlar Newton mekaniğine göre eylemsizlik yasasına uyar ve dalga mekaniğine göre ekran üzerinde, eylemsizlik yasasına göre üretilmiş olacak olan merkezi bir beneği çevreleyen beneklerden oluşan bir desen meydana getirir.

Eğer bir dağılım kuvveti, örneğin bir elektromanyetik alan uygulanırsa, eylemsizlik yasasına göre üretilmiş olan tekil benek, başka bir yerdeki tekil bir beneğe dönüşür. Dalga mekaniğinin geçerli olduğunu varsayarsak, etki eden hiçbir kuvvet yoksa, ekran üzerinde görülen benek deseni, elektrostatik veya manyetik veya başka bir fiziksel kuvvet uygulandığı zaman değişecektir. Başka bir ifadeyle, ekran üzerinde her bir fiziksel kuvvet, çarpmaların farklı bir istatistiksel dağılımını üretir. Fiziksel kuvvetler, yalnızca beneklerin istatistiksel dağılımını etkileyip belirli bir anda nerede bir benek üretileceğini belirlemediklerinden, yine bir "boşluk" meselesiyle karşı karşıya kalırız. Bir beneğin belirli bir andaki görüntüsü belirlenmediğinden, "istenç gücü" gelip, fizik yasalarını ihlal etmeden, bir beneğin belirli bir anda, ekran üzerindeki belirli bir yerdeki görüntüsünü belirleyebilir.

Ancak, bu argümanda da diğer boşluk türlerinde olan durum kadar karşılıksız bir çaba vardır. Atomaltı fiziğini

"bilimsel açı"dan ele alırsak, deneyin sonundaki istatistiksel dağılım tamamen deney düzeneği ile uygulanan kuvvetler tarafından belirlenir. Bunun anlamı hiçbir fiziksel kuvvetin, istatistiksel dağılımı, ekranın belirli bir noktasına ne zaman çarpılacağını öngörebileceğimiz şekilde sınırlandıramayacağıdır. Bu nedenle fiziksel kuvvetlerin (yerçekimsel veya elektromanyetik) eklenmesi, istatistiksel yasayı, tekil olayların tek ve kesin olarak belirlendiği nedensel bir yasaya dönüştüremez. Dolayısıyla, yine bir "istenç kuvveti"nin, yani "tinsel bir kuvvet"in, istatistiksel yasanın açık bıraktığı seçenekler arasında bir tercih yapabileceğini varsaymamız gerekir. Fakat "tinsel bir kuvvet"in maddi kütleleri hareket ettirebildiğini varsayarsak, Newtoncı $m \times a = f$ yasasında f'nin yerine tinsel bir kuvvetin geçebileceğini de pekâlâ varsayabiliriz. Eğer bu meşru ise, hareket denkleminde boşluk olmasına ve buna bağlı olarak da istatistiksel hareket yasalarına gerek kalmaz.

Bütün bunlar göz önünde bulundurulduğunda, fizik kuramlarını değiştirmekle "özgür istenç" ya da "özgür tahkim" meselesi denilen şeyin anlaşılmasına katkıda bulunamayız gibi görünüyor; başka bir ifadeyle, fiziksel determinizm meselesinin özgür istenç meselesiyle pek bir ilgisi yoktur. Fizikte "özgür/serbest" veya "özgürlük" kelimelerinin kullanışlı bir şekilde uygulanabileceği tek bir yer vardır. Başlangıç seviyesinde bile olsa, mekanik çalışan herkes "serbest titreşimler" ile "zorlanmış titreşimler" arasındaki ayrımı bilecektir. Mesela yerçekimi kuvvetine bırakılan bir sarkacı düşünecek olursak, bu sarkaç yalnızca uzunluğuna (L) ve yerçekimi ivmesine (g) bağlı bir frekansla titreşimler yapacaktır. Bu n frekansının, Newton'ın yasalarına göre hesaplanan denklemi $n = \sqrt{g/L}$'dir.

n'ye sarkacın karakteristik frekansı veya serbest titreşim frekansı adını veririz, çünkü bu, sarkaç üzerine dışarıdan zor-

lanmaya çalışılacak bir frekansa bağlı değildir. Fakat, sarkaca yalnızca dış etkilere bağlı olan ve sarkacın iç frekansından bağımsız bir N frekansıyla tekrar eden devirli itmeler yaptırılabilir. Sarkaç kendi haline bırakılırsa, n frekanslı "serbest bir titreşim"; N frekanslı devirli itmelerle karşılaşırsa, n ile N'nin eşzamanlı etkisine bağlı "zorlanmış bir titreşim" yapacaktır. Asıl titreşim, n ve N frekanslı titreşimlerin üst üste binmesi olacaktır. N, n'ye yaklaştıkça titreşimin şiddeti artacaktır ve N, n'ye çok yakın olursa, çok büyük genlikli bir titreşim olan, rezonans denilen görüngü ortaya çıkacaktır.

İlk durumda sarkacın davranışının yalnızca kendine bağlı olduğunu söyleyebiliriz; hareket "serbest"tir. İkinci durumda ise bu davranış dış etkilerce belirlenir. İnsanların davranışları da aynı şekilde incelenmiştir. Davranış biçimi kısmen, insan üzerinde çevrenin hiçbir etkisi olmasa bile varlığını sürdürecek olan "iç etkenler"e bağlıdır. Bir kişinin tamamen kendi aklından kaynaklanan, kitap okumak veya başkalarını dinlemekten etkilenmeyen düşünme, insanın "özgür eylem"inin bir örneğidir. "Özgürlük"ün bu şekilde nitelendirilmesinin yalnızca ortakgörü düzeyinde bir tarif olarak anlamlı olduğunu görürüz; burada geçen terimleri bilimsel açıdan anlamaya çalışırsak anlam oldukça bulanık bir hal alır. Bir insanın "özgür bir eylemi", yalnızca iç uyaranların neden olduğu bir bacak veya el hareketidir.

Açık konuşmak gerekirse, böyle bir hareket yoktur. Öte yandan, günlük dilde ifade edersek, bazı eylemlerin dış etkenlere bağlı olduğunu, bazılarınınsa büyük oranda iç uyaranlardan kaynaklandığını doğru bir biçimde ortaya koyabileceğimizi inkâr edemeyiz. Dış etkenlere bağlı durumları ayırt etmek kolaydır. Güçlü bir insan kendisinden daha zayıf bir insanı iterse bu insanlardan ikincisi hareket edecektir ve bu eylem kesinlikle "serbest" olmayacaktır. Dinlenmekte

olan bir insan, dışardan gelen ve kendisini hareket ettirecek hiçbir itme hissetmeden kendi isteğiyle doğruluyorsa, bu görüngüyü "serbestçe kalktı" diyerek tarif edebiliriz. Fakat hepimiz bu ayrımın pek kesin olmadığını hissederiz. Aslına bakarsanız, mekanikteki "serbest titreşimler" ile "zorunlu titreşimler" arasındaki ayrım yalnızca çok sadeleştirilmiş bir şekilde konuşursak kesin olur. Yerçekimi kuvvetine bırakılan bir sarkacın titreşimlerinin, hiçbir dış etkiye dayanmayan bir frekansı olduğunu ve bu titreşimlerin "serbest" olduğunu ileri süren önerme, yalnızca sarkacı hammaddeden üretme ve hammaddeyi çok sayıda insanın ekonomik işbirliğiyle sağlama meselesini görmezden gelirsek doğrudur. "Özgürlük" kelimesi, fizikte yalnızca böyle bulanık bir şekilde kullanılabilir ve kelimenin sadece bu kullanımı fizikten insan eylemleri meselesine geçiş yapabilir.

Fiziğin "özgür istenç" meselesi adına ne yapabileceğine dair bir yargımız olmasını istiyorsak, özgür istencin varlığıyla gerçekten ilgilenen, bunun dünyayı ve arzu edilen insan davranışlarını anlamak için çok önemli olduğunu kabul eden insanların ne düşündüklerini incelemek zorundayız. Bu insanların hepsinin, fiziksel görüngüler alanında kesin bir determinizm olduğunu memnuniyetle kabul ettiklerini göreceğiz. Bunların vurguladıkları nokta, fiziksel olmayan ve fiziksel yasalardan tamamen farklı yasalara uyan tinsel olayların varlığıdır.

Newtoncı mekanik ile 20. yüzyıl atomaltı mekaniği arasındaki fark üzerine tartışırken, bu farkın özgür istenç meselesiyle tamamen ilgisiz olduğunu bulduk. Ancak saygın İngiliz astronom ve matematiksel fizikçi Sir Arthur Eddington, 20. yüzyıl atomaltı fiziğini, birçok insan tarafından geleneksel din ve etiğe inanmanın gerekli bir önkoşulu olarak kabul edilen "özgür istenç"e olan yaygın inancı desteklemek için

kullanmıştır. Eddington, atomaltı fizikteki yasaların temelde istatistiksel olmalarından dolayı, "gelecek, geçmişin nedensel etkileri ile öngörülemez öğelerin bir birleşimidir" iddiasıyla başlar.[24] "Bu şekilde, bilim, özgür istence olan ahlaki karşıtlığından vazgeçer." Bu tabii ki sadece, istem, istatistiksel yasaların bıraktıkları boşlukları doldurabiliyorsa geçerlidir. Eddington kitabının sonuç bölümünde (s. 350) ortaya tarihsel bir önerme koyar:

> Belki de, modern bilimin bu argümanlarından çıkarılabilecek olan sonucun, dinin, aklı başında bir bilim insanı için ilk olarak 1927 civarında mümkün hale gelişi olduğu söylenecektir.

Heisenberg belirlenemezlik ilkesine ulaştığında yıllardan 1927'ydi. Daha ileri tarihli bir kitabında[25] Eddington, önceki argümanının özgür istençten yana daha ayrıntılı bir incelemesini yapar. İstemin istatistiksel yasayla birleşerek eylemde bulunabileceği hipotezinin veya daha önce söylediğimiz gibi, bu yasaların bıraktıkları boşluklardan sızarak eylemde bulunabileceği fikrinin tamamen "saçmalık" olduğunu açıkça belirtir. "Tinsel kuvvet" hipotezini geliştirerek, yine özgür istenci savunur ama özgür istence inanmanın Heisenberg'in belirlenemezlik ilkesiyle desteklenebileceğini reddeder. Ancak, birçok yazar Eddington'ın aceleye gelmiş olan önceki argümanına bağlı kalmış ve daha sonraki kitabında yer verdiği derin tartışmaya ilgi göstermemiştir. Birçok filozof ve bilim insanının bu tavrının nedeni, eskiden beri süregelen, "özgür istenç"i Newton'ın fiziğindeki "demir nedensellik"in "boşlukları" ile meşrulaştırma geleneğidir.

Bu inancı destekleyen filozof ve teologların, fizikte belirlenmezciliği savunmak gibi bir dertleri yoktur; bunlar, fiziksel yasalar dışında yasalara uyan olaylar ve görüngülerin var olduğunu iddia ederler. Metafizikçi ve teologların savunduk-

ları öğretiye göre, fizik aleminde determinizm, tin alemindeyse "özgürlük" vardır. Bu ülkedeki* en ünlü Katolik filozof ve teolog olan Piskopos Fulton J. Sheen, bu noktayla ilgili şunları yazar:[26]

> Aziz Thomas, deneysel bilim anlayışındaki değişimin, bu bilimde hâkim olan metafizikteki bir değişimi kapsamadığını belirtir. Felsefe bilimden bağımsızdır. ... Kuantum kuramı ve belirlenemezlik ilkesinde, fiziksel bir olayın bir nedeni olmadığını gösterecek bir şey kesinlikle yoktur. Dolayısıyla, fizikte özgür istence temel olabilecek hiçbir şey yoktur. ... İstencin özgürlüğü meselesi, fiziğin değil felsefenin konusudur.

Akıl ile görmek bağlamında metafiziğin ateşli bir savunucusu ve "özgür istenç"in güçlü bir destekçisi olan çağdaş bir Hint filozofundan bir alıntı yapabiliriz. Nalini Kanta Brahma, Eddington'ın ve başka bilim insanlarının "istencin özgürlüğü"nü fizik bilimindeki gelişmelerle "ispatlama" girişimlerine dair şöyle yazar:[27]

> Eğer şu anda Profesör Eddington'ın iddiası kabul edilir ve gelecekteki deneyler, elektronun hareketlerinde var olduğu kabul edilen belirlenemezliğin aslında var olmadığını gösterecek olurlarsa, felsefe durduğu yeri temellendirmek konusunda aciz kalacaktır. ... Özgürlük ve diğer metafizik doğrular, uzay, zaman ve nedensellikten başka hiçbir şeyin hüküm sürmediği görüngüler alanında ispatlanamazlar.

İstencin özgürlüğü öğretisini ahlaki sebeplere dayanarak savunan grupların bu öğretiyi nasıl ifade ettiklerini ve ispatladıklarını öğrenmek için, 1953'te Fransa'da yayınlanan bir felsefe dergisine bakabiliriz. Dergi, "özgür tahkim" üzerine, bu öğretiyi savunanların kullandıkları alışılmış ifade şeklini örnekleyen bir makale içerir. Yazar şöyle der:[28]

---

* Amerika (çev.)

Özgür tahkimin varlığını, bize göre tatmin edici bir şekilde ortaya koyan iki klasik ispat vardır; birincisi ahlakidir ve bizi özgürlüğün var olduğuna inanmaya teşvik etmek zorundadır; ikincisi psikolojiktir ve bu inancı desteklemek zorundadır. Ahlaki vicdanımız, gerçek görevlerin farkına vardığımız zaman, bizi onlarla yüzleştirir. Gerçek bir görev, yalnızca özgür istenç ile yerine getirilebiliyor veya getirilmeyebiliyorsa anlamlıdır. Bu demektir ki, görev özgürlüğü varsayar; başka bir ifadeyle, eğer bir şeyin benim görevim olduğu inancına sahipsem, bu benim özgür olduğum inancına işaret eder.

Özgür/serbest tahkime inanç olmadan göreve inanç olamayacağını belirten bu argüman, "görev" ve "özgür istenç" kelimeleri, çocukluğumuzdan beri içinde yetiştiğimiz ortakgörü jargonundaki gibi kullanıldığında kesinlikle ikna edicidir. Bilimin daha derin bir çözümlemesini kullanmaya kalkışırsak, argüman çok daha karmaşıklaşır ve sonunda şimdi bahsedeceğimiz psikolojik argümana çok benzer bir hal alır. Yazarımıza göre:

> Psikolojik argümanın ayrıntılı bir şekilde ortaya konulması gerekmez; çünkü bu argüman içsel gözlemimizin tanıklığına dayanır: Bu gözlemin farkına varmaya yapılan bir davet olması yeterlidir. Bir eylemde ahlaki sorumluluk olduğunu düşünmenin ne anlama geldiğini herkes deneyime dayanarak bilmez mi? Böyle bir sorumluluk olduğunu varsaymak, kişinin özgür olduğunu algılamakla özdeştir.

Bu ifadelerin inandırıcılığıyla ilgili ne düşünülürse düşünülsün, yazarımızın da belirttiği gibi, asıl soru şudur: Nasıl olup da istenç, görev ile haz arasında özgür bir karar sağlayabilir? Bu soruya cevap vermek, Newtoncı mekaniğin yerine atomaltı mekaniği koymakla daha kolay olmaz. Soru tamamen psikolojiktir ve verilecek cevap da içinde bulunulan psikoloji kuramına göre değişir. Eski psikoloji kuramları

açısından bu bir bakıma oldukça tatmin edicidir; bu soruya 1673 gibi erken bir tarihte Spinoza, *Ethics* [Etik] adlı kitabında cevap vermiştir. Şöyle yazmıştır:[29] "Akılda mutlak veya özgür istenç yoktur; akıl şu veya bu istemle, bir nedenle belirlenir; bu neden de başka bir neden tarafından belirlenir; bu başka neden yine bir başkası tarafından belirlenir; bu durum *ad infinitum* devam eder." Devamında da şöyle bir kanıtlama yapmıştır:

> İstenç, kesin ve belirlenemez bir düşünme tarzıdır ve dolayısıyla kendi eylemlerinin özgür nedeni olamaz veya mutlak bir isteme ya da istememe fakültesine sahip olamaz. İstencin şu veya bu istemi bir nedenle belirlenmelidir; bu neden başka bir nedenle, bu başka neden yine başka bir nedenle belirlenmeli ve bu *ad infinitum* devam etmelidir.

Spinoza'ya göre zihinsel durumlar, fiziksel durumların nedensel zincirinin bir parçasıdır ve sorabileceğimiz soru bu zincirde "boşluklar" olup olmadığı değil, nasıl olup da içsel gözlemimizin bize "özgür" seçimler yapabileceğimizi söyler gibi görünebildiğidir. Spinoza, *Ethics*'in birinci bölümünün ekinde bu soruya da iyi bir cevap vermiştir:

> Hiç kimsenin şüphe etmemesi gerekeni, yani insanın şeylerin nedenlerini bilmeden doğduğunu ve bilincinde olduğu bir kendisine en yararlı olanı arama isteği taşıdığını, bir belit olarak kabul etmem yeterli olacaktır. Bu kabulden çıkan sonuçlara göre, birincisi, insan özgür olduğunu düşünür çünkü istek ve arzularının farkındadır; aynı zamanda isteme ve arzulamasının nedenlerinden bihaberdir; ne olduklarının hayalini kurmaz. İkincisi, insan her şeyi bir amaç uğruna, yani kendisine yararlı olacak olan için, aradığı şey için yapar. Dolayısıyla, basitçe olmuş olanın ereksel nedenlerini keşfetmeye kalkışır ve onları duyduğunda tatmin olur, çünkü bu durumda belirsizliği devam ettiren herhangi bir neden kalmaz.

Çatıdan bir taş düştüğünde, artık bunun bir hedefi vurmak ve belki de parçalamak için kasıtlı olarak düştüğünü söylemeyiz; taşın düşüşünü Galileo ve Newton'ın yerçekimi yasalarıyla açıklarız. Spinoza, bir insanın davranışlarının tıpkı bir taşın düşüşü gibi nedenlerle belirlenmiş olduğunu vurgular; insanın organizması çok karmaşık bir sistemdir, hareketlerinin nedenlerini bilmeyiz ve bunların yerine "ereksel nedenler" ve "amaçlar" koyarız. Bu türden amaçlardan biri, günlük dilde "istenç" dediğimiz şeydir. Spinoza'ya göre "istenç", hayal gücü ve düşünce gibi zihinsel bir görüngüdür; eylemlerimize eşlik eder ama hiçbir zaman eylemlerimizin nedeni değildir. Bilim öncesi ortakgörü dilinde "özgür seçim" veya "özgür tahkim" diye tarif edilen, zihinsel görüngüler deneyimleriz. Düşmekte olan bir taş düşünebiliyor ve konuşabiliyor olsaydı, o da "özgür bir seçimi" olduğunu söylerdi.

Asıl bilimsel mesele, bu özgür seçim hissinin nasıl ortaya çıktığını ve bu hissin insan organizmasında ne işine yaradığını araştırmaktır. Daha önce öğrendiğimiz gibi, ortakgörü psikolojisi bu durumu "görev" ile "haz" arasındaki anlaşmazlık olarak tarif eder. Bu terimler günlük deneyim düzeyinde kesinlikle anlaşılabilir ve anlamlıdırlar. Her çocuk okula gitmenin bir görev, sinemaya gitmenin ise bir haz olduğunu anlar. Fakat bazen okula gitmenin keyifli hale geldiği, "sosyal araştırma" yapmak amacıyla sıkıcı filmler izlemeninse göreve dönüştüğü durumlar olabilir. Bilimsel psikoloji, ortakgörü kavramları olan görev ve hazzın yerine daha karmaşık bir kavramlar sistemi koymuştur; tıpkı fizik biliminin ortakgörü kavramları olan "hareketsizlik" ve "hareket"in yerine Einstein'ın görelilik kuramının kavramsal çerçevesini koyması gibi.

Bilimsel psikolojiye örnek olarak, Sigmund Freud'un "psikanaliz" adıyla bilinen kuramlarına dayanan "derinlik psikolojisi"ni ele alabiliriz. Freud, insan kişiliğinin yapısının "anato-

misi" üzerine çalışır. Haz ile ilgilenen ve ona makul bir yoldan ulaşmaya çalışan "ego"nun ötesinde, insanın bilinçaltında gizli olan "id" ve "süperego" vardır. Bunlardan ilki temel hayvan içgüdülerinin insan kişiliğindeki kalıntılarından meydana gelir; "süperego" ise ebeveynlerin, okulların, kiliselerin, askeri ve sivil telkinlerin etkisi altında edinilmiş kişilik özelliklerinden oluşur. Freud'un "süperego" dediği, bulanık bir şekilde, günlük jargonda "vicdan" denilen şeye belli belirsiz karşılık gelir.

Bilim öncesi ifadelere göre, "özgür tahkim" ile çözülen "haz" ile "görev" arasındaki anlaşmazlığı, Freud bilimsel olarak şöyle tarif eder:[30]

> Bir atasözüne göre kişi aynı anda iki efendiye hizmet edemez. Zavallı egonun hali bundan da beterdir; üç tane acımasız efendiye hizmet etmek ve üçünün de istek ve ihtiyaçlarını uzlaştırmak için elinden gelenin en iyisini yapmak zorundadır. Bu talepler her zaman birbirlerinden apayrıdır ve genellikle bağdaşamaz görünür; egonun sık sık görevinin altında ezilmesi şaşırtıcı değildir. Bu üç zorba, dış dünya, süperego ve id'dir. Kişi, egonun bunların üçünü birden tatmin etme veya üçüne aynı anda itaat etme çabasını izlediğinde, egoyu kişileştirmekten ve onu ayrı bir varlık olarak kurmaktan kendini alamaz. Ego kendini üç tarafın baskısı altında ve üç tür tehlikenin tehdidi altında hisseder; çok baskı altında kalınca, bunlara karşı kaygı geliştirerek tepki verir. ... Bu şekilde, "id"in kışkırttığı, "superego"nun baskı altında tuttuğu ve gerçekliğin terslediği ego, kendi içinde bulunan ve aynı zamanda da üzerinde olan etkileri azaltarak, bir uyum elde etme göreviyle başa çıkmaya çalışır.

"Kararlar" veren veya "seçimler" yapan bir ego görmeyiz; "ego" kişilik yapısının diğer parçalarla ve dış dünyayla çatışma halinde olan bir parçasıdır. Hangi koşullar altında "özgür seçim" hissine sahip olduğumuzu ve bu hissin insan hayatındaki işlevi ile insan davranışının yasalarını oluştur-

maktaki kıymetinin ne olduğunu sorabiliriz. "Özgür seçim" meselesinin yeri bu bağlamdır ve meselenin fiziksel determinizm veya indeterminizmle bir ilgisi yoktur. Atomaltı fiziğin belirlenemezliğinin, geleneksel dinin savunduğu "özgür istenç" öğretisinin desteklenmesine bir katkısı olup olmadığına dair dengeli bir yargıya ulaşmak istiyorsak, tanınmış dini liderlerin yazılarına bakmamız gerekir. Mesela, günümüzün en etkili Katolik yazarlarından biri olan Thomas Merton'dan alıntı yapabiliriz. Merton şöyle yazar:[31]

> Özgürlük, iyiliği ve kötülüğü seçmek arasında sağlanan dengeye dayanmaz; gerçekten iyi olanın mükemmel sevgisi ve kabulü ile kötü olanın eksiksiz nefreti ve reddidir; böylece yaptığınız her şey iyidir ve sizi mutlu eder; mutsuzluk, aldanma ve kedere yol açabilecek her türlü ihtimali reddeder, inkâr eder ve görmezden gelirsiniz ... yalnızca, bütün kötülüğü, onu arzulayamayacak derecede, tamamen reddeden insan gerçekten özgürdür. İçinde kesinlikle hiçbir gölge, kötülük veya günah ihtimali olmayan Tanrı'nın, sonsuz özgürlüğü vardır. Aslında O, Özgürlüktür.

Bu cümleleri okuduğumuz zaman, "özgür" teriminin Newtoncı mekanik ile 20. yüzyıl atomaltı fiziği arasındaki farkla hiçbir ilgisi olmayan bir anlamda kullanıldığını görürüz. Bizi, fizik yasalarının istatistiksel olma özelliğinden, özgürlüğün hakikatte iyi olanı sevmek ve kötü olana düşman olmaktan ibaret olduğu önermesine götürecek bir düşünce zinciri yoktur.

11. BÖLÜM

NEDENSEL YASALAR

1. "Ön Belirlenim"in Anlamı

> Hangi okuldan olursa olsun, bütün filozoflar nedenselliği bilimin temel belitlerinden biri olarak düşünürler; oysa ne gariptir ki, gelişmiş bilimlerde, mesela yerçekimsel astronomide, "neden" kelimesi hiçbir zaman karşımıza çıkmaz... Bana kalırsa Nedensellik Yasası, filozoflar arasındaki mevzuların çoğu gibi, geçip gitmiş bir çağın hatırasıdır; tıpkı monarşi gibi, bir yanlışlık eseri zararsız olduğu sanıldığından, varlığını sürdürmeye devam eder.

Yukarıdaki sözlerin sahibi Bertrand Russell'dır.[1] Günlük hayatımızda kullandığımız dilde bir *A* olayının bir *B* olayının "sebebi" olduğunu veya *B*'nin *A*'nın sonucu olduğunu söylemekle ne kastedildiğini pekâlâ anlarız. Bir boksör rakibinin burnunu yumrukladığı zaman yumruk, burundaki kırığın sebebi ve kırık, yumruğun sonucudur. "Termometredeki cıvanın büzüşmesinin sebebi sıcaklıktaki düşüştür" önermesiyle ne demek istendiğini herkes anlar.

Ancak bu önerme kuramsal fizik dilinde ifade edilmeye çalışılırsa, "sebep" ve "sonuç" arasındaki belirgin ayrımın bulanıklaşır. Bir trafik kazası için, "kazanın sebebi karan-

lıktı", "şoförün ihmalkârlığıydı", "kazaya karışan yayanın dikkatsizliğiydi", "yolun kaygan olmasıydı", "savaş tehdidi söylentileriydi" veya "tanrıların gazabıydı" diyebiliriz. Bu önermelerden hangisinin doğru olduğu kesin değildir. Bu konuya ortakgörünün getirdiği çözümlerden biri, bu önermelerin her birinin "kısmi bir sebep" verdiğini söylemektir. Fakat "kısmi sebeplerin" sayısı gittikçe artarsa, sonunda evrendeki bütün görüngüler işe dahil olacak ve sebebin evrendeki bir şey olduğundan başka hiçbir şey söylenmemiş olacaktır. Bu durumda, önerme bir totolojiye dönüşür ve bize herhangi bir bilgi vermez. Sonuçta, durumu bilimsel olarak ifade etmeye çalıştığımızda, nedensellik ilkesini tatmin edici bir şekilde ortaya koymak çok zor ve karmaşık bir hal alır.

Öte yandan, trafik kazası gibi bir durum mahkemeye taşındığında, hâkim veya jürinin mağdura ödenecek tazminatı belirleyebilmek için kazanın "sebebinin" ne olduğuna karar vermeleri gerekir. Bu tür durumlarda kazanın "sorumlusunu" belirleme yoluna gidilir; yani meseleye "ahlaki bir yargı" ifadesi dahil edilir. Hatta bazı yazarlar, (örn. Hans Kelsen)[2] "sebep" kavramının hukuk veya ahlak dilinde doğduğuna inanırlar. Aslında "sorumlu" ifadesi bazen cansız nesnelerden bahsederken bile kullanılır; mesela kazanın "sorumlusu" kötü havadır. Bilimsel inceleme "neden" veya "nedensellik" kavramının ya çok karmaşık ya da çok belirsiz olduğunu gösterse de, hukuki süreç hâkim veya jürinin sorumluluğu belirlemesini, başka bir deyişle olayın sebebini tespit etmesini gerektirir. Kitabımızın bu bölümünü, bu kavramların bilimin kendisindeki rollerine ayıracak; etik, politik veya dini dildeki rolleriyle ilgilenmeyeceğiz.

Nedenselliğin bilimsel olarak ifade edilmesinin zorluklarını anlamanın belki de en iyi yolu, birçok insanın, filozofların, bilim insanlarının, teologların ve amatörlerin kabul edeceği

bir ifadeyle başlamaktır. Bu insanlar, nedenselliğe genel bir yasa olarak inanırsak evrenin geleceğinin, geçmişi ve şimdisi tarafından kesin olarak "belirlenmiş" olacağını söylemek isterler. İlk bakışta bu önerme sadece ortakgörü dilimizin ifadelerini içeriyor gibi görünür; ancak ön belirlenime dair böyle bir iddiayı tam olarak anlamak istersek çok büyük sıkıntılar yaşarız. Geleceğin belirlenimine dair önermenin totolojik olduğunu ve deneysel dünyaya dair hiçbir bilgi vermediğini görmemiz çok da zor olmaz. "Gelecek önceden belirlenmiştir" önermesi bize ortakgörü diline aitmiş gibi gelir; çünkü bu ön belirlenimin "her şeyi bilen bir Aklın" fikrinde olmasına alışkınızdır. Paganlar, Tanrıları insana daha yakın düşündükleri için, onlara göre bu ön belirlenim tanrıların akıllarında değil, tanrıların üstündeki bir akılda meydana geliyordu. Bu tanrılar üstü akıl, bizim kültürümüzde Wagner'in *Tanrıların Alacakaranlığı* operası ile tanınmıştır.

Eğer ki bilim, "gelecek belirlenmiştir" önermesiyle kavramsal çerçevesine her şeyi bilen bir Aklı dahil etmeye niyetli değilse, o zaman bu önerme yalnızca geleceğin yasayla belirlendiği anlamına gelebilir. Eğer bu yasaya dair söylenmiş bir şey yoksa ve demek istediğimiz "her şeyi bilen bir Akılda var olmak" değilse, bu yasanın yalnızca "var olması"nın anlamı, ihtimallere herhangi bir sınırlama getirmeyen, dünyaya dair totolojik bir önerme olmasıdır. Bertrand Russell[3] "geleceğin belirlenmiş olması"na dair herhangi bir önermenin totolojik olacağı argümanını oldukça açık bir şekilde ortaya koymuştur. Konuyu basitleştirmek için, dünyadaki bir olayın tekil bir kütle noktasının hareketinden ibaret olduğunu varsayalım. Geleceğin getireceği her ne olursa olsun, kütle noktasının x, y, z koordinatlarının (t) zamanının fonksiyonları olarak verilmesiyle tarif edilecektir. Bir başka ifadeyle, gelecek üç tane denklemle belirlenir: $x = f_1(t)$; $y = f_2(t)$; $z = f_3(t)$. Bu $f_1(t)$, $f_2(t)$,

$f_3(t)$ fonksiyonları mevcutsa "dünyanın geleceği belirlenmiştir". Dünya yalnızca bir defa var olduğundan, bu fonksiyonlar dünyadaki olayların gidişatına göre belirlenir. "Gerçek şu ki," diyor Russell, "bu işe dahil olan formüller (f_1, f_2, f_3), neredeyse sonsuz karmaşıklıkta ve dolayısıyla pratikte yazılamıyor veya anlaşılamıyor olabilirler." Fakat bu yalnızca bizim gücümüzün bu formülleri bilmeye yetmediği anlamına gelir; "var olmaları", "sadece bir tane dünya vardır" önermesinden çıkar. Bu durumda maddi evren formüllere tabi olmalı ve gelecek belirlenmiş olmalıdır.

İnsan bilgisi bu formülleri idrak edemiyor olabilir. Bu sebeple, "dünya formülünün var oluşunu", daha üstün yeteneklere sahip olsa da ancak insan aklı ile arasında kurulan bir analojiyle anlaşılabilen bir akıldaki bir görüngü olarak yorumlamak için, "her şeyi bilen bir Akıl" kullanılmıştır. Fiili bilimimizde nedensellik ilkesinin ne anlama geldiğini tarif etmek için, "gelecek belirlenmiştir" önermesinden çok daha az genellikte ifadeler ortaya konulmuştur. Önemli olan geleceğin belirlenmiş *olması* değil, *nasıl* belirlendiğidir.

2. Laplace, Newton ve Her Şeyi Bilen Akıl

Bilimin varmak istediği noktanın, semboller ile bu sembollerin işlemsel tanımları arasında bir ilişkiler sistemi kurmak olduğunu, bunu da bu önermelerden çıkarılan mantıksal sonuçların hakiki duyu gözlemleriyle desteklenen, yani gözlemlenebilir olgulara dair önermeler haline geldiği bir şekilde yapmak olduğunu öğrendik. Bu durumda, böyle bir ilişkiler ve tanımlar sisteminde "nedensellik"in yerinin ne olduğunu sormamız gerekir. Böyle bir araştırmaya giriştikten kısa süre sonra, bilimin ilkeleri arasında nedensellik yasasına uygun yeri bulmanın çok zor olduğunu görürüz. Yapılabilecek en iyi şey, mantıksal analizin en çok geliştiği bilimden başlamak

olabilir. Zaman kavramını içermeyen ve yalnızca hareketsiz görüngülerle ilgilenen geometriyi (3. Bölüm) bu konunun dışında tutup, geleneksel, Newtoncı hareket yasalarına (4. Bölüm) döneceğiz. Bilimin geçirdiği evrimin çok önemli ve başarılı bir döneminde, bilim insanları ve filozoflar bu yasaların doğanın bütün görüngülerinin temel yasaları olduğuna ya da en azından fizik biliminin yasaları olduğuna inanmışlardı.

18. yüzyılın sonunda, büyük Fransız matematikçi ve astronom Laplace, bilimde kullanılan haliyle "nedensellik yasası" olarak düşünülen şeyin belki de en keskin ifadesi sayılabilecek bir açıklama yaptı. Laplace, *Theory of Probability* [Olasılık Kuramı] adlı kitabının girişinde şöyle yazar:[4]

> Doğada etkiyen bütün kuvvetleri ve dünyayı meydana getiren tüm şeylerin konumlarını verilen bir anda bilen bir Akıl düşünelim; bunun yanında bir de bu Aklın bütün bu bilgileri matematiksel analize tabi tutabilecek yetenekte olduğunu varsayalım. Öyleyse, bu Akıl tek bir formülle evrendeki en büyük cisimlerin ve en hafif atomların hareketlerini kapsayacak bir sonuca varabilir. Onun için hiçbir şey belirsiz olmaz. Geçmiş ve gelecek, onun gözlerine şimdi görünür.

Laplace'ın bu Aklın işleyişini nasıl hayal ettiğini kolayca görebiliriz. Şöyle devam eder:

> İnsan aklı, bu Aklın zayıf bir taslağını geometriye vererek ulaştığı mükemmellikle çalışır... İnsanın doğruyu arayışındaki bütün çabaları bu Akla gittikçe daha yakın olmayı amaçlar; fakat insan daima ona sonsuz uzaklıkta olacaktır.

Laplace'ın *System of the World* [Dünya'nın Sistemi] adlı kitabında verilen haliyle o dönemin astronomisine bakarak, başvurduğu Üst Aklın sağlaması gereken dünya formülünün yapısını kolaylıkla tarif edebiliriz. Laplace, bu Aklın işini, gökcisimlerinin mevcut konumlarını gözlemleyen ve bu

gözlemlerle, gökcisimlerinin herhangi bir t zamanındaki konumlarını hesaplayan astronomun yaptığı işe benzer olarak düşündü. Üst Akıl, rasgele bir cisim sayısı, rasgele başlangıç koşulları ve cisimlerin arasında, Newton'ın yerçekimi yasasını takip etmiyor olma ihtimali olan kuvvetler olduğunu varsayarak, astronomdan fazlasını yapar. Fakat Laplace bu kuvvetlere, Aristotelesçi mekaniğin düşüşü ve Newtoncı mekaniğin yükselişinden beri neredeyse sorgusuz kabul edilen bir kısıtlama getirdi. Şöyle der: "Tek bir hava veya buhar molekülünün yörüngesi, gezegenlerin yörüngesiyle tam olarak aynı kesinlikle belirlenir. Aralarındaki farklar yalnızca bizim bilgisizliğimizden kaynaklanır."

Şimdi astronomun gökcisimlerinin mevcut konum ve hızlarının bilgisinden, gelecekteki konum ve hızlarını nasıl hesapladığını tarif edelim. Uzay ve zamanın bir bölgesine dair bilgiden, uzay ve zamanın başka bir bölgesine dair bilgi elde etmemize imkân veren her yasaya *nedensel yasa* adını vermeliyiz. Gökcisimlerinin gelecekteki konumlarını hesaplamakta kullandığımız Newtoncı mekaniğin, nedensel yasalar içerdiği kesindir. "Nedensellik ilkesi", nedensel yasaların geleceği öngörmek için üzerinde çalıştıkları veya işe koşulabilecekleri alana dair kesin iddialarda bulunur. Laplace'ın Üst Aklının, dünyanın bütün geleceğinin, dünyanın mevcut durumunun bilgisinden yola çıkarak öngörülmesini sağlayacak, nedensel yasaları olacaktır. Gökcisimlerinin yörüngelerinin öngörülmesinde kullanılan nedensel yasalar, Newton'ın hareket yasalarından türetilebilirler.

3. ve 4. Bölümlerde, fizik yasalarının semboller arası ilişkilerden ibaret olmadıklarını öğrendik. Bu ilişkiler Öklid'in geometri belitleri veya Newton'ın hareket yasalarıydı. Gözlemlenebilir olgularla ilgili sonuçlar çıkarabilmek için, sembollerin işlemsel tanımlarını da kullanmamız gereklidir. Bu

nedenle, öngörülerle ilgili aşağıdaki cümlelerin, yalnızca sembollerin gelecekteki değerlerine gönderme yaptıklarını unutmamamız gerekir. Bunların gözlemlenebilir olguların öngörülmesiyle ilgisi bizim tercih ettiğimiz işlemsel tanımlara bağlıdır.

$m_1, m_2 \ldots m_n$ kütleli N tane kütle noktası düşünelim. m_k kütle noktasının Kartezyen koordinatları x_k, y_k, z_k'dir. m_k üzerine etki eden kuvvet, $x_1, y_1, z_1 \ldots x_N, y_N, z_N$ koordinatlarının verili fonksiyonları olan X_k, Y_k, Z_k bileşenlerine sahip olabilir. Bu durumda hareket denklemleri şöyle olur: $m_k \frac{d^2x_k}{dt^2} = X_k$, $m_k \frac{d^2y_k}{dt^2} = Y_k$, $m_k \frac{d^2z_k}{dt^2} = Z_k$. Hız bileşenleri olan $u_k = \frac{dx_k}{dt}$, $v_k = \frac{dy_k}{dt}$, $w_k = \frac{dz_k}{dt}$'yi işe dahil edersek, hız denklemlerini, onları nedensel yasalar olarak tanıyabileceğimiz şekilde yazabiliriz. Her bir parçacığın, her bir anda $x_1, y_1, z_1 \ldots x_N, y_N, z_N, u_1, v_1, w_1 \ldots u_N, v_N, w_N$'nin verdiği bir konum ve hıza sahip olduğunu unutmamalıyız. Bu nicelikler belirli bir anda veriliyseler, hareket yasaları bu niceliklerin geçmiş veya gelecekte herhangi bir t anındaki değerlerini hesaplamamıza olanak sağlarlar. Bunu bariz kılan şey, hareket yasalarının aslında ne yaptıklarıdır: $x_1, y_1, z_1 \ldots x_N, y_N, z_N, u_1, v_1, w_1 \ldots u_N, v_N, w_N$ niceliklerindeki artışları, bu niceliklerin kendilerinin birer fonksiyonu olarak verirler.

$$m_k \frac{du_k}{dt} = X_k(x_1 \ldots w_N) \qquad m_k \frac{dv_k}{dt} = Y_k(x_1 \ldots w_N)$$

$$m_k \frac{dw_k}{dt} = Z_k(x_1 \ldots w_N)$$

$$\frac{dx_k}{dt} = u_k \quad \frac{dy_k}{dt} = v_k \quad \frac{dz_k}{dt} = w_k$$

Bu hareket denklemleri şemasını daha basit hale getirmek amacıyla, bütün doğrultulardaki bütün parçacıkların koordinatlarının bileşenleri için $x_1, x_2 \ldots x_N$ $(n = 3N)$ ve bunlara karşılık gelen hız bileşenleri olan $u_1, u_2 \ldots u_N$'yi kullanabiliriz. Bu durumda hareket denklemleri şu hali alır: $m_k \frac{du_k}{dt} = X_k(x_1 \ldots u_N)$, vs., $\frac{dx_k}{dt} = u_k \ldots$ vs. Bu daha genel türden bir sistemin özel bir durumudur. Eğer $x_1, x_2, x_3 \ldots x_N, u_1, u_2, u_3 \ldots u_N$'ye mekanik sistemimizin "durum değişkenleri" adını verir ve hepsini $\xi_1, \xi_2 \ldots \xi_{3N}$ altsimgeli aynı sembolle gösterirsek, hareket denklemleri $\frac{d\xi_k}{dt} = F_k(\xi_1, \xi_2 \ldots) k = 1, 2, 3N$ biçimini alır. Bu demektir ki, eğer "bir sistemin durumu" $3N = n$ tane durum değişkeniyle tarif ediliyorsa, "bu değişkenlerin artışları" olan $\frac{d\xi_k}{dt}$, bu durum değişkenlerinin mevcut değerlerinin (başlangıç değerlerinin) fonksiyonları (F_k) olarak verilmiştir.

Diferansiyel denklemlerin matematiksel kuramı, bize $\frac{d\xi_k}{dt} = F_k(\xi_1, \xi_2 \ldots)$, $(k = 1, 2 \ldots n)$ biçimindeki bir sistemin "tümlevini almayı" öğretir. Bunun anlamı, bir an (örn. $t = 0$) için durum değişkenleri verili ise, $\xi_1 \ldots \xi_N$'nin herhangi bir t anı için değerlerini, $t = 0$ ise ve diferansiyel denklemler (F_k fonksiyonları) veriliyse bulabileceğimizdir. Mevcut değerlerden gelecekteki değerleri hesapladığımız için bunun bir "öngörü" olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca $t < 0$ olan bir zaman için, yani geçmiş için de, durum değişkenlerinin değerlerini pekâlâ hesaplayabileceğimizi unutmamamız gerekir.

3. Nedensel Bir Yasanın Matematiksel Formu

Newtoncı hareket yasalarının, $\frac{d\xi_k}{dt} = F_k(\xi_1, \xi_2 \ldots)$ $(k = 1, 2 \ldots n)$ formunda olmaları sayesinde, şimdinin bilgisinden gelece-

ği öngörmeye imkân sağladıklarını öğrendik. Diferansiyel denklemlerin matematiksel kuramına göre, durum değişkenlerinin değerleri içinde bulunduğumuz $t = 0$ anı için biliniyorsa, bu değişkenlerin geçmiş veya gelecekteki herhangi bir t anı için değerleri "öngörülebilir". Bu türden yasaların hepsine "nedensel yasalar" denir. Genel "nedensellik ilkesi", bütün görüngülerin, $\frac{d\xi_k}{dt} = F_k(\xi_1, \ldots \xi_N)$ biçimine sahip nedensel yasaların hâkimiyeti altında olduğunu iddia edecektir; buradaki $\xi_1, \ldots \xi_N$, fiziksel bir sistemin t anındaki "durumu"nu belirleyen değişkenlerdir.

Şimdilik genel nedensellik ilkesi üzerine tartışmayı daha sonraya bırakıp dikkatimizi yalnızca bu genel ilkeye olan inancın, astronomideki özel bir durumla, yani $\xi_k$lerin kütle noktalarının koordinat ve hızları, F_k fonksiyonlarının ise Newton'ın yerçekimi yasalarından türetilmiş basit matematiksel formüller oldukları bir durumla desteklendiğine yoğunlaştıralım. Bunun yanında, hakikatte yapılabilen tüm uygulamalarda, n sayısı küçük bir sayıdır; bir başka ifadeyle, içinde bulunduğumuz $t = 0$ anındaki başlangıç koşulları basit bir şekilde verilmişlerdir. Gökcisimlerinin oldukça karmaşık olan gerçek yörüngeleri, alışılmış matematiksel analizin kuralları kullanılarak, bu basit varsayımlardan hesaplanabilir. Bunun yapılabilmesinin sebebi, gözlemlenen olguların karmaşıklığına nazaran yasaların basit olmalarıdır.

Ancak, F_k'leri, $\xi_k$lerin gelişigüzel fonksiyonları olarak düşünürsek ve kabul ettiğimiz başlangıç koşulları karmaşık ise, $\frac{d\xi_k}{dt} = F_k(\xi_1, \ldots \xi_N)$ yasası "geçerli" olabiliyor olsa da aynı başarıyı garanti etmez. Yasanın, gözlemlenen olgular kadar karmaşık olması mümkündür. Bu durumda gözlemin doğrudan tarifinin yerini, hiçbir şekilde doğrudan tariften daha sade

olmayan, sadece adı "yasa" olan başka bir "dolaylı" tarifin almasının hiçbir faydası yoktur.

Sıradaki meselemiz, astronomideki özel durumla uğraşmadığımız, F_k'nin ve başlangıç koşullarının herhangi bir karmaşıklıkta olmasına izin verdiğimiz durumda, genel nedensellik yasasının rolünün ne olduğunu incelemektir. Laplace, bu zorlukla başa çıkabilmek için, insanlara göre sıradan astronomi ne kadar basitse, kendisi için genel durumun o kadar basit olması gereken "Üst Aklı" kullandı. Bu durumda nedensellik ilkesi, durum değişkenlerinin tüm başlangıç koşullarını bilen, bütün F_k fonksiyonlarını bilen ve diferansiyel denklemleri çözerek durum değişkenlerinin gelecekteki tüm değerlerini öngörecek kadar usta bir matematikçi olan bir Üst Aklın var olduğunu söyler.

Laplace'ın, nedenselliğin formülleştirilmesinde bir "Üst Aklı" açıkça kullandığını unutmamalıyız. Ama tabii ki Laplace, bu Aklın nedenselliğin formülleştirilmesinde temel bir yeri olduğunu düşünmüyordu. Laplace'ın İmparator Napolyon'a[5] *System of the World* kitabının bir kopyasını hediye etmesine dair ünlü bir anekdot vardır. Napolyon Tanrı'nın bu sistemdeki yerinin ne olduğunu sorar. Laplace şöyle cevap verir: "O hipoteze ihtiyacım yok, Efendim." Astronomi kitabında Tanrı hipotezine ihtiyaç duymayan Laplace'ın, nedensellik ilkesini ifade ederken bir Üst Akla ihtiyaç duyması ilginçtir. Ancak tabii ki bunun sadece uygun bir konuşma biçimi olduğunu ve nedensellik ilkesinin yalnızca insan yeteneklerine gönderme yaparak, Üst Aklı kullanmadan ifade edilebileceğine inanıyordu.

Fakat bu durum göründüğü kadar basit değildir. Şöyle dememiz gerekir: $\xi_1,...\xi_N$'nin öyle F_k fonksiyonları vardır ki, $\frac{d\xi_k}{dt} = F_k$ denklemi $\xi_1,...\xi_N$'nin mevcut değerlerinden gelecek-

teki değerlerini öngörmemize imkân sağlar; ancak bu fonksiyonların ne olduğunu açık olarak bilmiyorsak, bu fonksiyonların var olması sadece ξ_k'lerin gelecekteki değerlerinin bir şekilde başlangıç değerleriyle "belirlendikleri" anlamına gelir; bir başka ifadeyle $\xi_k$lerin artışlarını ($\frac{d\xi_k}{dt}$'leri), ξ_k'lerin kendileri belirler. Eğer F_k fonksiyonlarını "bilen" bir Üst Aklı işe dahil etmez veya F_k için açıkça bir formül vermezsek, "belirlenmek" kelimesi yalnızca F_k için ihtimalleri sınırlandıran bazı özellikler varsaydığımız anlamına gelebilir. Burada 4. Bölüm'de (Hareket Yasaları) öğrendiğimiz duruma, yani Newton'ın yasalarının, yalnızca onlara "kuvvetler"in koordinatların "basit" fonksiyonları oldukları varsayımını eklediğimiz zaman pratikte kullanışlı hale gelmelerine benzer bir durum söz konusudur. Bu kısımda yaptığımız gibi, Newton'ın mekaniğini bir nedensel yasalar sistemi olarak yorumlarsak, bu $F_k$lerin ξ_1,...ξ_N'nin basit fonksiyonları oldukları anlamına gelir. $F_k(\xi_1,...\xi_N)$ fonksiyonları için herhangi bir karmaşıklık kabul ettiysek, tek başına "varoluş" önermesi olgulara dair bir önerme olmaz; bunun yerine deneyle çürütülemeyecek totolojik bir önerme olur.

Her durumda ξ_k'lerin gelecekteki değerlerini, t ve başlangıç değerlerinin fonksiyonları olarak düşünebiliriz; eğer t'nin değerlerine ξ_k'lerin gelişigüzel herhangi bir değerini verecek olursak, aradaki ilişki her zaman bir formülle tarif edilebilir. Nedensel bir yasa, geleceğin öngörülmesi konusunda hakiki bir değere sahip olacaksa, bulanık bir özellik olan ve tabii ki belirli bir dönemin bilim insanlarının psikolojik ve sosyolojik durumlarına dayanan "sadelik"e başvurmamız gerekir. İçinde bulunduğumuz bağlamda "sade" bir formül, "çalışılabilir" bir formül anlamına gelir. "Geleceğin sıradan insanlarca öngörülmesi", insan etkinlikleri kümesinin tamamına ilişkin

bir iş olduğundan, belirli bir yasanın "sade" olup olmadığı psikolojik ve sosyolojik değerlendirmelere bağlı olsa da, "sadelik" koşulunun nedensel bir yasaya uygulanabilir oluşu anlaşılabilir.

4. İlgili ve İlgisiz Değişkenler

Yalnızca $F_k(\xi_1,...\xi_N)$ formüllerinin "sade" olduklarını ve başlangıç koşullarının da sade olduklarını varsayarak, Nedensellik İlkesinin gözlemlenebilir olgulara dair bir önerme olduğuna emin olamayız. Ancak, durum değişkenleri olan ξ_1,... ξ_N'ye bir ölçüm işlemi aracılığıyla sayısal değerler vermemize imkân tanıyan işlemsel tanımlar olduğunu varsayarsak, Nedensellik İlkesi, tüm gözlemlenebilir ilkelerin nedensel yasalarca yönetildiğini ve bu nedensel yasaların, ξ_1,...ξ_N'nin içinde bulunduğumuz zamanda ölçülmüş olan değerlerine dayanarak, ölçülebilir değerlerini öngörmemize olanak sağladıklarını söyler. Şu anda, hangi işlemlerle bu değerleri verdiğimizi belirtmekle uğraşmayacağız. Bu durumda nedensellik ilkesini sınamak mümkün müdür? Böyle bir sınavı yapabilmek ancak nedensellik yasasının doğru olmadığı bir dünyayı hayal edebiliyorsak mümkündür. Böyle bir dünyada gezegenlerin hareketlerini, Newton'ın yasalarıyla karşılaştırılabilecek sadelikte bir yasayla öngöremezdik; fakat tabii ki bu türden bir yasa bulmanın imkânsız olduğunu deney ile ispatlamamız mümkün değildir. Nedensellik ilkesinin bu hali, ancak umutsuzluğa düşüp bu varsayımdan başlayarak başarıya ulaşılamayacağının farkına varıldığı takdirde terk edilebilir.

Öte yandan, nedensellik ilkesinden çıkarılabilecek, F_k fonksiyonlarının özel biçimlerinden bağımsız ve belki de deneyle sınanabilecek bir sonuç vardır. F_k'nin özel formu ne olursa olsun, kesin olan bir şey vardır: Değişkenlerin zamandaki

değişimleri, yani $\frac{d\xi_k}{dt}$, sadece $\xi_1,...\xi_N$'nin mevcut değerlerine bağlıdır. Bu değişkenler başlangıçtaki değerlerini ne zaman yeniden alsalar, zamandaki değişimler de değerlerini yeniden alırlar. Başka bir ifadeyle, sistemin bir durumu yeniden ortaya çıkarsa, buna bağlı bütün durumlar da kendilerini tekrar ederler. ξ_k'lerin bir değerler sistemine, sistemimizin "*A* durumu" adını verirsek, şöyle diyebiliriz: Eğer sistemimizin bir *A* durumunu bir *B* durumu takip ediyorsa, *A*'nın her yeniden meydana gelişini *B* takip edecektir. Bu, nedensellik ilkesinin "basit formül" gibi ifadeler kullanmayan bir ifadesidir. Sistemin "*A* durumunda" veya "*B* durumunda olduğunu" söylemenin, sadece ξ_k'lerin belirli sayısal değerlere sahip oldukları anlamına geldiğini unutmamalıyız. "*A* yeniden ortaya çıkar" veya "*B* yeniden ortaya çıkar" önermeleri, yalnızca durum değişkenlerinin sayısal değerlerine gönderme yapar; gözlemlenebilir olgulardan bahsetmezler.

Şimdi, "*A* yeniden ortaya çıkarsa, *B* de yeniden ortaya çıkar" önermesini çürütebilecek bir gözlem bulabilmek için nasıl bir yol seçmeliyiz? Bunun için, *A* durumunun yeniden ortaya çıkmasını gerçekten gözlemlemeli, *B*'nin ise *A* ilk ortaya çıktığında onu takip etmiş olmasına rağmen, *A* ikinci defa ortaya çıktığında onu takip etmediğini gözlemlemeliyiz. Bu durumda, ξ_k'lere sayısal değerler vermek için bir ölçüm yöntemi bildiğimizi kabul etmemiz gerekir. Eğer nedensellik ilkesi doğru olacaksa, "*A* durumu" ve "*B* durumu"nu evrenin bütününün durumları olarak düşünmemiz gerekir. Bu demektir ki bir durum, dünyadaki tüm kütlelerin koordinatları ve hızlarının belirli sayısal değerleri varsa tanımlanır. Bu kütlelerin sayısı çok büyük olduğundan, hatta milyarlarca olduğundan, "*A* durumunun geri dönmesi" bu milyarlarca değişkenin başlangıç değerlerini geri kazanmaları anlamına gelir. Tabii ki böyle bir olay herhangi bir gözlemle denetlenemez.

Dolayısıyla da nedensellik ilkesinin geçerliliği, aslında bir *A* durumunun yeniden ortaya çıkmasıyla sınanamaz. Böyle bir sınavı mümkün kılmak için, *A*'nın yaklaşık olarak yeniden ortaya çıkmasının *B*'nin yaklaşık olarak tekrarlanmasına yol açmasından daha fazlasına gereksinim duymamamız gerekir.

Nedensellik ilkesini, içeriğini şu şekilde ifade ederek "sınanabilir" hale getirebiliriz: "*A* durumu" olarak dünyanın, içerisinde ξ_k'lerin belirli bir grubunun belirli değerlere sahip olduğu, geri kalan ξ_k'lerin değerlerininse "ilgisiz" olduğu bir durumunu tanımlarız. Bu durumda nedensellik yasası, eğer *B*, *A*'yı bir kere takip ettiyse, "ilgisiz" ξ_k'lerin başlangıç değerleri ne olursa olsun *A*'nın geri dönüşünün *B*'nin geri dönüşüne yol açacağını iddia eder. Bu ilkenin deneyle çürütülemeyeceği çok açıktır. Belirli bir durumda *B*'nin *A*'yı takip etmediğini gözlemleyecek olursak, bu yalnızca *A*'nın gözlemlenen geri dönüşünün "gerçek" bir geri dönüş olmadığını kanıtlar. Bizim gözlemleyebileceğimiz tek şey, bir miktar ξ_k değişkeninin, mesela *n* tane değişkenin başlangıç değerlerini yeniden aldıklarıdır; başka bazı "ilgisiz" değişkenler bunu yapmayabilirler. Bu da, nedensellik ilkesini, ancak tam olarak hangi değişkenlerin ilgili olduklarını bilirsek çürütebilir. Fakat ilgili olduklarını bildiğimiz değişkenler dışında, *B*'nin tekrarlanacağını kesinleştirmek için başlangıç değerlerini yeniden almaları gerekli olan başka değişkenler de pekâlâ olabilir. Kuramsal açıdan baktığımızda, *B* durumunun *A* durumunu takip etmediği her vakada, başlangıç değerlerine geri dönmeyen tüm değişkenlerin "ilgisiz" olduklarını kabul etmenin doğru olmadığını her zaman varsayabiliriz.

Aslında desteklenebilecek olan tek şey, uygulamadaki çok sayıda vakadan görece küçük bir grup "ilgili" değişkeni seçip ayırabildiğimiz gerçeğidir. Bu durumda nedensellik ilkesi fiziksel dünyanın her hali için şu özelliklere sahip

az sayıda "ilgili" değişken kullanabileceğimizi söyler: "Az" sayıdaki değişkenin başlangıç değerlerine dönmeleri, bir "*A* durumu"nun geri döndüğüne işaret eder. Bu da yine "*B* durumu"nun geri döneceğine işaret eder. Tabii ki, bu "nedensellik ilkesi" deney veya gözlem ile "desteklenebilir". Ancak, desteklemede belirli bir bulanıklık vardır, çünkü "az sayıdaki değişkenin" başlangıç değerlerine (*A*) geri dönüşünün *B* durumunu geri getirmek için yeterli olduğunu söylemenin ne demek istediği açık değildir.[6]

5. Alan Kuramında Nedensel Yasalar

Şimdiye kadar, Newtoncı kütle noktalarıyla gerçekte gözlemlenen görüngüler arasındaki ilişkiye dair soruları tamamen görmezden geldik. Newton ve ondan hemen sonra gelenler, bu ilişkinin çok basit olduğunu ve tartışmaya değer olmadığını düşündüler. Fakat mekaniğin hakiki, teknik meselelere uygulanmasında, katı veya sıvı bir kütle, bir kütle noktaları sistemi olarak değil, bir süreklilik olarak düşünülür. Mesela bir sıvının durumunun tarifini, bu sıvının kütle noktalarının konum ve hızlarını tarif ederek yapmayız; onu bir süreklilik olarak ele alırız ve her noktasını x, y, z koordinatlarıyla tarif ederiz. Böylelikle "sıvının durumu" tüm kütlelerin bütün anlardaki hızlarıyla tarif edilmiş olur. Bir t zamanında bir x, y, z noktasında bulunan bir kütle u, v, w diye üç hız bileşenine sahip olabilir. Eğer u, v, w'yu, x, y, z'nin ve t'nin fonksiyonları olarak bilirsek, sıvının belirli bir t anındaki durumunu biliriz. Eğer $u(t, x, y, z)$, $v(t, x, y, z)$, $w(t, x, y, z)$ fonksiyonlarını bilirsek, sıvının şu andaki ($t = 0$), gelecekteki ($t < 0$) ve geçmişteki ($t < 0$) durumunu biliriz.

Nedensel bir yasa, "u, v, w durum değişkenleri" şu an için ($t = 0$) veriliyseler, bu değişkenleri gelecekteki tüm zamanlar için hesaplamamıza imkân sağlar. u, v, w'nun birim zaman-

daki artışlarını alışıldığı üzere $\frac{\partial u}{\partial t}, \frac{\partial v}{\partial t}, \frac{\partial w}{\partial t}$ ile gösterirsek, nedensel bir yasa bu artışları *u, v, w*'nun mevcut değerleri ile bunların uzaysal türevleri olan $\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y} \cdots \frac{\partial w}{\partial z}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} \ldots$'nın fonksiyonları olarak verir. Bu nedenle, nedensel bir yasa $\frac{\partial u}{\partial t} = F\,(u, v, w, \frac{\partial u}{\partial x} \cdots \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \ldots)$ biçimine sahip olur ve benzeri denklemler $\frac{\partial v}{\partial t}$ ile $\frac{\partial w}{\partial t}$ için de vardır. *F* fonksiyonunun formu, elimizdeki sıvı veya katı cismin parçaları arasındaki uyuma bağlıdır. Öyleyse nedensellik ilkesi, katı veya sıvı kütlelerin tüm hareketlerinin $\frac{\partial u}{\partial t} = F\,(u, v \ldots)$ formunda yasalara uydukları anlamına gelir; burada *F* fonksiyonları kütlenin yapısına, sıvı bir kütlenin akmazlığına, katı bir kütlenin ise kırılganlık veya esnekliğine bağlıdır.

O halde açıktır ki, nedensellik ilkesini yanlışlayabilecek gözlemlenebilir bir görüngü hiçbir zaman bulunamaz; çünkü sıvı veya katı bir kütledeki görüngüleri tarif etmekte kullanılabilecek bir fonksiyonun var *olmadığı* hiçbir zaman desteklenemez. Diğer taraftan, nedensellik ilkesinin desteklenmesi için, çok büyük sayıda kütleye bu kütlelerin özelliklerinin *F* fonksiyonlarının verebileceği ve *u, v, w*'nun şu andaki değerleri veriliyse gelecekteki değerlerinin doğru olarak öngörülebileceği tecrübe edilmelidir. Nedensellik ilkesinin hakiki fiziksel anlamı, bu türden fonksiyonların var olmasıdır. Başka bir deyişle, bu ilke sıvı veya katı, plastik veya elastik, her türlü kütle için böyle bir fonksiyonun bulunabileceğine olan inancı ya da en azından bulunabileceğinin umuluyor olmasını ifade eder. Fiziksel görüngülerin tamamının geleneksel mekanik yasalarına indirgenebileceğine inanıyor olsaydık, bu ilke fiziksel görüngülerin hepsi için doğru olurdu. Ancak,

bildiğiniz gibi nedensellik ilkesi çok daha genel fizik hipotezlerine de genişletilebilir.

19. yüzyılın son çeyreğine doğru, elektromanyetiğin görüngülerinin Newtoncı mekaniğe indirgenemeyecekleri, Newtoncı yasaları özel bir durum olarak kapsayan ayrı bir ilkeler sisteminden elde edilecekleri gittikçe daha yaygın kabul gördü. "Bir sistemin durumu" artık t anında belirli bir x, y, z noktasındaki hızla tarif edilmiyordu; hızın yerini t anında x, y, z'deki elektrik ve manyetik alan kuvvetleri almıştı. Elektromanyetik alan kuramındaki nedensel bir yasa, içinde bulunduğumuz zamandaki alan kuvvetleri dağılımından, alan kuvvetlerinin gelecekteki değerlerini hesaplamamızı mümkün kılan bir denklemdir. Nedensel yasalar, u, v, w hızlarının yerine alan kuvvetlerinin geçmesi dışında, matematiksel açıdan mekaniktekilerle tamamen aynı görünürler. Bu elektromanyetik alan kuramı "genel bir alan kuramı" haline getirilmiştir. Elektromanyetik alanın yanı sıra, yerçekimi alanı veya nükleer alan gibi başka alanlar olduğunu da varsayabiliriz. Tüm bu alanların bileşenlerini $u_1, u_2, u_3, \ldots u_n$ ile gösterirsek, nedensel bir yasa şu biçime sahip olur:

$$\frac{\partial u_k}{\partial t} = F_k\left(u_1, u_2, \ldots u_n, \frac{\partial u_1}{\partial x}, \ldots \frac{\partial u_n}{\partial x_n}, \frac{\partial^2 u_1}{\partial {x_1}^2}, \ldots\right)$$

$$(k = 1, 2, \ldots n)$$

Bu durumda nedensellik ilkesi, bütün fiziksel görüngülerin bu türden denklemlerle tarif edilebileceğini öne sürecektir. Dolayısıyla da $u_1, \ldots u_n$ şu anda, yani $t = 0$'da verili ise, her bir x, y, z için gelecekteki değerleri bu denklemlerle hesaplayabiliriz.

Nedensellik ilkesi, fiziğin alan kuramında, bütün görüngülerin Newton'ın hareket yasalarından türetilebilir olduğunu düşünen mekanistik fiziktekine göre bariz bir şeklide

çok daha bulanıktır. Burada, Newtoncı fizikteki "kuvvetler" gibi belirlenemez olanlar, sadece F_k fonksiyonları değil, aynı zamanda u_k durum değişkenlerinin kendileridir; oysaki Newtoncı fizikte durum değişkenlerinin tümü konumlar ve hızlar olarak biliniyorlardı. Sonuçta Newtoncı fizikte genel nedensellik ilkesini formülleştirmede yaşanan sıkıntılar, alan fiziği için de geçerlidir. Geleceği belirleyenin şimdiki durum olduğu iddiası, yalnızca her şeyi bilen bir Akıl işe dahil edilir veya birim zamanda durum değişkenlerindeki artışı belirleyen özel denklemler, yani F_k fonksiyonları verilirse açıklık kazanır.

Nedensellik ilkesi, alan fiziğinde Newtoncı fiziğe göre bariz bir şekilde daha az olgusal içeriğe sahiptir. Newtoncı fizikte şunu söylemek mümkündür: Eğer $t = t_1$ anında, kütlelerin tüm konum ve hızları $t = t_0$ anındaki değerlerini yeniden alırlarsa, t_1'den sonra, t_0'dan sonra izledikleri değerlerin aynılarını izleyeceklerdir. Fakat alan fiziğinde, tüm durum değişkenlerini gerçekten numaralandırmadığımız sürece, bütün u_1, u_2,... durum değişkenlerinin başlangıç değerlerine geri döndüklerini ileri süren önermenin anlamı belirlenemez haldedir; bu numaralandırma olmadan nedensellik ilkesi sadece *A* durumunun ardından bir defa *B* durumu geldiyse, *A*'nın her meydana gelişinde *B* tarafından takip edileceğini söyler. Bu ikinci önerme ise açık seçik bir totolojidir. Burada farkına varacağımız tek şey, yeniden *B* tarafından takip edilirse, bir *A* durumunun gerçekten yeniden ortaya çıktığıdır. Nedensellik ilkesine olgusal anlam kazandırmak için en azından, küçük bir miktar durum değişkeninin başlangıç değerlerine her geri dönüşlerinde "*A* durumu"nun geri geldiğini ve "*B* durumu"-nun da geri geleceğini varsaymamız gerekir. u_1, u_2,... durum değişkenlerinin sayısı ne kadar büyük olursa, nedensellik ilkesinin olgusal içeriği o kadar az olur. Bu sayı çok büyük

olursa, bir *A* durumunun ne zaman gerçekten geri döndüğünü asla bilemeyiz; gözden kaçırmış olduğumuz ve başlangıç değerine dönmemiş olan bir değişken olduğunu her zaman varsayabiliriz. Bu durumda *B*'nin yeniden ortaya çıkmasını bekleyemeyiz; çünkü *A*'nın gerçekten geri dönmüş olduğuna emin olamayız. Durum değişkenlerinin sayısı sonsuza giderse, bu halin ortaya çıkacağı kesindir. Böylelikle nedensellik ilkesi totolojik bir hal alır; fiziksel gerçeklikle alakası olmayan bir önermeye dönüşür.

Nedensellik ilkesinin bir totolojiye dönüşmesine engel olmak istiyorsak, onu şu şekilde ifade etmemiz gerekir: Az sayıda durum değişkenini kullanarak, bu az sayıdaki değişkenin başlangıç değerlerine geri dönüşünün, ilk seferde onları takip eden *B* durumunun yeniden ortaya çıkmasıyla takip edileceğinden emin olabiliriz. Fizik biliminin alışılmış dilinde bunun anlamı, durumlardaki değişiklikleri belirleyen, yerçekimi, elektromanyetizma vs. gibi sadece birkaç tür kuvvet olduğudur. Kuvvetlerin sayısının küçük olduğuna emin olmasaydık, bir "*A* durumu"nun geri dönebileceğinden hiçbir zaman emin olamazdık; çünkü bilinen tüm kuvvetler aynı değerlere sahip olduklarında, yeni durumu başlangıçtakinden farklı kılacak bilinmeyen başka bir kuvvet her zaman mümkün olurdu. Bu durumda *B*'nin geri dönmesi beklenemezdi. Nedensellik ilkesinin totolojik bir önermeye dönüşmesini önlemek için, "küçük sayıda durum değişkenleri" ve "basit kuvvet (F_K) yasaları" gibi bulanık terimler kullanmamız gerekir. Kısacası, nedensellik ilkesini açık ama totolojik veya bulanık ama olgusal yapmak arasında seçim yapabiliriz.[7]

6. Nedensel Yasalardaki "Boşluklar"

Nedensel yasalara felsefi ve dini yaklaşımlarda, nedensel zincirlerdeki olası "boşluklar" oldukça ilgi görmüşlerdir.

Bir sistemin gelecekteki hareketi her bir "*A* durumu"nda mı belirlenir, yoksa gelecekteki *B* durumlarını tartışmaya yer bırakmayacak şekilde belirlemeyen, belki istisnai denilecek bazı durumlar var mıdır? Newton'ın klasik ifadesi olan "kütle çarpı hızdaki artış kuvvete eşittir"den yola çıkacak olursak, "kuvvet" belirlendiği zaman bu artışın her yerde belirlendiği kesindir. "Kuvvet"ten kastımız basitçe Newton'ın kütle-noktaları arasındaki, mesafenin karesiyle ($1/r^2$) ters orantılı çekimiyse, mesafe ortadan kalktığında ($r = 0$) bu ifade tanımsız hale gelir. Bu demektir ki, şu andaki durum hareketin diferansiyel denkleminde "tekil" bir nokta ise, gelecek belirlenemez hale gelir. Diferansiyel denklemlerin matematiksel kuramından bildiğimiz kadarıyla, tekil bir noktadaki koordinatların değerlerini vermekle tek bir çözüm belirlenmez. Tekil bir noktadan başlayan çözüm, birden fazla şekilde devam ettirilebilir. Bu düşünceler atomlar ve moleküllerin dünyasına uygulanırsa durum daha da bariz bir hal alır. Mekanik ısı kuramı, gazları çok büyük sayıdaki çarpışan moleküller olarak ele alır. Her bir çarpışmada, örneğin iki eşit molekül, eşit hızla kafa kafaya çarpıştıkları zaman, tekil bir nokta vardır ve gelecekteki hareket her zaman çarpışan moleküller tarafından belirlenmez. Bu olayın devamında, moleküllerin çarpışma öncesindeki hareketleriyle uyumlu birden fazla molekül hareketi olur.

Nedensel yasaları şimdiye kadar sadece hareket denklemlerinden yapılan matematiksel çıkarımlara dair önermeler olarak ele aldık. "Bir sistemin durumu", durum değişkenlerine, örneğin kütle-noktalarının koordinat ve hızlarına atfedilen değerler kümesiyle tanımlandı. "Değerler"den kastımız değişkenlere atfedilen matematiksel anlamdaki "reel sayılar"dı. Ancak şu soruyu sorduğumuzda durum değişir: Bir sistemin şu anda gözlemlenmiş olan durumuna veya dünya-

nın bütününe dayanarak gelecekteki gözlemleri öngörmek mümkün müdür? Bir ölçümün sonucu hiçbir zaman matematiksel anlamda bir sayı değildir; her zaman belirli bir aralıktır. Mesela, belirli bir nesnenin uzunluğunun rasyonel bir sayı mı yoksa irrasyonel bir sayı mı olduğunu gözleme dayalı ölçüm ile ayırt edemeyiz. Dolayısıyla, bir sistemin başlangıç durumu olan *A*, durum değişkenleri olan $u_1 ... u_n$'ye atfedilen sayılar tarafından verilmez; bu sayıları kapsayan aralıklar tarafından verilir. Bir sistemin çok sayıda "matematiksel durumu", A_1, A_2 vs., tek ve aynı gözlemlenmiş duruma karşılık gelebilir. Tüm bu A_1, A_2 vs. durumları birbirlerine çok yakındırlar ve tüm A_1, A_2 vs.'nin yaklaşık değeri olarak ortalama bir *A* değeri seçilebilir.

Eğer gözlemlenen bir değer olan *A*, başka bir gözlemlenen değer olan *B* ile takip ediliyorsa, matematiksel nedensel yasalarımıza dayanarak, *A*'nın bir geri dönüşünün ardından *B*'nin bir geri dönüşünün geleceğine emin olabilir miyiz? Daha açık konuşmak gerekirse, matematiksel nedensel yasalardan, benzeri bir nedensel yasanın bir sistemin gözlemlenen durumları için de geçerli olacağı sonucunu çıkarabilir miyiz? Tabii ki öyle olmayacaktır. Matematiksel bir nedensel yasadan, belirli bir *t* zamanı sonrasında A_1 durumunun B_1'e, A_2 durumunun B_2'ye, A_3 durumunun B_3'e vs. dönüşeceğini türetebiliriz. Eğer bu B_1, B_2, B_3... durumları tek ve aynı gözlemlenebilir duruma karşılık gelecek kadar birbirlerine yakınlarsa, gözlemlenebilir bir *A* durumu yeniden ortaya çıktığında gözlemlenebilir *B* durumunun da yeniden ortaya çıkacağı sonucuna kesin olarak ulaşabiliriz ve böylece gözlemlenebilir görüngüler için nedensel bir yasamız olmuş olur. Ancak, B_1, B_2... birbirlerine yakın değillerse, gözlemlenebilir bir *A* durumunun gözlemlenebilir *B* durumu tarafından her zaman takip edileceğini öngöremeyiz. "Gözlemlenebilir *A* durumu yeniden ortaya

çıkar"ın anlamı, bazı hallerde A_1'in diğerlerindeyse A_2'nin yeniden ortaya çıkması olabilir. Bir durumda B_1 tarafından, başka bir durumdaysa B_2 tarafından takip edilecektir. Fakat B_1 ve B_2 birbirlerinden çok farklı olup tek ve aynı gözlemlenebilir duruma karşılık gelmiyor olabilirler.

Gözlemlenebilir durumlar için olan nedensel bir yasanın geçerliliği, matematiksel yasaya dair bir varsayıma dayanır: Sistemin şu andaki ($t = 0$) iki durumu, A_1 ve A_2, birbirlerine çok yakınlarsa, sistemin daha sonraki bir anda ($t = T$) ulaştığı B_1 ve B_2 durumları da T değeri ne olursa olsun birbirlerine çok yakın olacaklardır. Başka bir ifadeyle, başlangıç durumundaki ($t = 0$) küçük bir değişiklik, nihai durumda ($t = T$) çok büyük bir değişikliğe sebep olamaz. Mekaniğin burada ihtiyaç duyulan teknik ifadesiyle, A'da başlayan hareketin "kararlı" olması gereklidir. Sonuç olarak, matematiksel nedensel bir yasa yalnızca matematiksel denklemlerin çözümleri "kararlı" çözümler ise bize gözlemlenebilir görüngüler için nedensel bir yasa verir.

Kararlı olmayan çözümlerle sonuçlanan ve bizi gözlemlenebilir görüngülere dair nedensel yasalara götürmeyen A durumlarına kolaylıkla örnekler verebiliriz. Bir dağ sırasının sırtını ele alalım ve sadelik amacıyla bu sırtın yatay bir doğru olduğunu düşünelim. Başlangıç koşulu olarak, bu sırt üzerine bir kütle-noktasının yerleştirilmiş olduğu ve bu kütle-noktasının başlangıç süratinin c olduğu kabul edilirse, hareketin matematiksel denklemine bir çözüm bulunabilir; burada etki eden kuvvet yerçekimi olabilir. Bir ilk matematiksel durum olan A_1, kütleye yatay doğrultuda bir hız verilmesiyle tarif edilebilir. A_1, A_2... başlangıç durumları, çok az farklı doğrultulara sahip hızlarla, ama hepsi aynı c süratiyle verilebilirler. Bir T zamanı sonra A_1 durumu B_1 durumuna dönüşmüş olur; kütle-noktası ise yatay sırt üzerinde başlangıç noktasına cT

uzaklığında bir noktaya yerleşmiş olur. Ancak bu durumda, A_2 durumu, B_1'e çok uzak bir B_2 durumuna dönüşmüş olur. Hız, yatay olandan farklı olduğu için, kütle dağ boyunca aşağı düşecek ve sırt üzerindeki B_1 konumunun altında $1/2gT^2$ derinliğe ulaşacaktır. Hızın yatay doğrultusundan en küçük bir ayrılma, aşağı doğru hareketi ürettiğinden ve A_1 ile A_2'yi birbirinden ayırmakta kullanabileceğimiz mümkün bir gözlem olmadığından, kütleyi $t = 0$ anında gözlemleyerek T zamanından sonra sırtın üzerinde mi (B_1) yoksa sırtın aşağısında $1/2gT^2$ uzaklığında mı olacağını öngöremeyiz. Öyleyse, gelecekteki durum şu andaki durumun gözlemlenmesine dayanarak öngörülemez.

Bir kütlenin bir sırt boyunca yaptığı hareket "kararsız" bir harekettir. Başlangıç durumunun gözlemlenmesi, bizi kütlenin nereye hareket edeceğini öngörmeye götüremez. Başlangıç durumunun gözlemlenmesinin takip eden durumu öngörmemize izin vermeyeceği bir durumla karşı karşıya kalırız; gözlemlenebilir yasalar için nedensel bir yasa yoktur. Bu tür bir durum, mesela gaz halindeki bir madde için de ortaya çıkar. Moleküllerin birbirlerini Newton'ın hareket yasalarına göre çeken ve iten kütle-noktaları olduklarını varsayarsak, kafa kafaya çarpışmaların her biri, hareketin kararlı olmayan bir durumudur. Moleküllerin durumlarını gözlemleyebiliyor olsaydık, bu durumların büyük çoğunluğunun kararsız hareketlerin yakın çevresinde olduğunu ve geleceğin bir dağ sırtı boyunca hareket eden bir kütlenin geleceği kadar öngörülemez olduğunu bulurduk.

Bu görüşlere dayanarak, nedensel yasaların mekanik sistemlere uygulanabilirliğinde geniş ve derin "boşluklar" olduğu sonucuna varabiliriz. Newtoncı mekaniğe tüm fiziksel görüngüler için katı bir geçerlilik atfetsek dahi, gözlemlediğimiz rasgele bir başlangıç durumunun, geleceği tartışmaya yer

bırakmayacak şekilde belirleyebileceği sonucuna varamayız. Bu düşünce, Laplace'ın her şeyi bilen Aklının yerine insan olan bir eyleyenin geçebileceği fikrini daha da az makul hale getirir. Genel ön belirlenim fikri, bir "insanüstü" veya "doğaüstü" eyleyen ile bağlantılı görünmektedir. Bilimsel açıdan bakıldığında, yukarıda belirtildiği gibi, geleceğin ön belirlenimi ya totolojik bir kavramdır ya da basit ilişkilerle az sayıda değişkeni bağlayan nedensel yasalar olduğunu varsayar.[8]

12. BÖLÜM

NEDENSELLİK İLKESİ

1. Genel Nedensellik İlkesinin Nasıl Formülleştirileceği Tartışması

Humecu ve Kantçı Nedensellik. Şimdiye kadar nedensellik ilkesini Newtoncı çekim veya alan kuramı gibi özel bir kuramdan başlayarak formülleştirmeye çalıştık. Fakat bu ilkenin sadece fizikte değil, bilginin her alanında, biyoloji ve psikolojide, sosyal bilimler ve doğa bilimlerinde de uygulanabilir olması gerektiğini unutmamalıyız. Ancak bu böyle olursa "genel bir nedensellik ilkesi"nden bahsedebiliriz. Nedensellik ilkesinin biyoloji ve sosyolojide de, fizikte ve kimyada olduğu kadar geçerli olup olmadığı sorusu tekrar tekrar sorulmuştur; ama söz konusu ilkeyi bu farklı alanlara uygulanabilir olacak şekilde nasıl formülleştirebileceğimizi bilmediğimiz sürece bu sorunun kendisinin anlamı yoktur. Mekanikte ve alan kuramında kullandığımız ifadeden başlarsak, geçici olarak şöyle diyebiliriz: Dünyanın t_0 anındaki A_0 durumuyla, sonradan gelen her bir t_1 anındaki A_1 durumu, tek ve kesin olarak belirlenir. "Belirlenir" teriminde saklı olan zorlukları zaten biliyoruz; bu terim iki şekilde yorumlanmaya açıktır. Diğer taraftan, şunu da diyebiliriz: Dünya her A_0 durumunda oldu-

ğunda, bundan $(t_1 - t_0)$ zaman sonra A_1 durumunda olacaktır. Ya da şöyle de denebilir: "$t_1 > t_0$ olmak koşuluyla, bir t_0 anındaki her A_0 durumundan, t_1 anındaki A_1 durumunu hesaplamamıza imkân tanıyan bir yasa vardır."

Önceki kısımlarda ele aldığımız özel durumlarda dahi, bir yasanın tanımıyla bir durumun yeniden ortaya çıkışını ayırt etmenin kolay olmadığını öğrendik. Yasaların, artık bilinen mekanik veya alan fiziği yasaları olmadıkları daha genel duruma yaklaştığımız zaman, bu zorluklar daha da ciddileşir. Tanım içerisinde nedensellik kavramını kullanmadan, "aynı durumun geri dönmesi"nden bahsetmek gittikçe daha çok zorlaşır. Ama bu yapılınca da, nedensellik ilkesi totolojik olur. "Eş durumlar", "A_1 ile aynı etkilere sahip" A_0 durumları olarak da tanımlanabilir. Buradan bariz bir şekilde çıkan sonuç da, bir A_0 durumu yeniden ortaya çıkarsa onun ardılı olan A_1 durumlarının da yeniden ortaya çıkacağıdır. Ancak bu önerme sadece "eş durumlar" teriminin tanımıdır ve fiziksel dünyaya dair hiçbir bilgi vermez.[1]

Bu zorluğun altından kalkabileceğimizi varsayıp, "eş durumlar"ın nedensellik kavramını kullanmayan bir tanımını versek bile, geriye belki daha da ciddi olan başka bir zorluk kalır. Bu büyük zorluğun ortaya çıkmasının sebebi, bilimde kullanılan nedensel yasalarda yer alan durum değişkenlerinin, insanların hakiki gözlemleriyle tek ve kesin olarak ilişkilendirilememesidir; bu ilişkilendirme olmadığı zaman da, nedensel yasalar yalnızca sembolik nicelikler içerecekler ve bu terimlerin tanımları olacaklardır. Mesela 3. Bölüm'de öğrendiğimiz kadarıyla, geometrinin belitleri Öklid'in, daha doğrusu Hilbert'in geometrisinde yer alan "doğru", "kesişim" vs. gibi terimlerin tanımlarıdır. Bilimle amatör olarak ilgilenenler ve hatta pek çok durumda bilim insanları bile, birbirleriyle "işlemsel tanımlar" veya "fiziksel yorumlar" ya da daha ge-

nel konuşmak gerekirse "anlama dair kurallar" ile ilişkilendirilmiş olan, semboller ve gözlemlenebilir nicelikler arasındaki ayrımı görmezden gelme eğiliminde olabilirler.

Fiziksel bir bilim var olageldiğinden beri, bu tür bir ilişkilendirmedeki zorluk da var olmuştur. Bu zorluğun asıl kökleri, fiziksel deneyler ve gözlemler ile verilen figürlerin, her zaman, çok büyük sayıda hakiki gözlemin ortalaması olmaları gibi basit bir olgudur; oysaki sembollere atfedilen figürler keskin matematiksel niceliklerdir. Örneğin bunlar hiçbir zaman gözlemin sonucu olarak ortaya çıkamayacak olan irrasyonel sayılar olabilirler. Aynı zorluk, bir kütle noktası için bir "hızın" gözlemlenemediği sıvılar mekaniği için de geçerlidir; fakat bu hızlar hidrodinamiğin denklemlerinde bulunabilirler. Benzeri şekilde, bir elektron için elektrik alan kuvveti asla gözlemlenemez. Açık konuşmak istersek, Newton'ın yasalarının formülleştirilmesinde dahi "bir kütle noktasının hızı"nın bir sembolden ibaret olduğunu söylememiz gerekir. Bunu gözlemle ilişkilendirmek için, "belirli bir andaki hız"ın bir zaman fonksiyonunun ilk türevi olduğunu ve çok sayıda gözlemin limiti olarak hesaplandığını unutmamamız gerekir.

Nedensellik ilkesini, gözlemlenebilir olgulara dair bir önerme olarak ifade etmeye kalkışacak olursak, çok karmaşık ve zor bir işle karşı karşıya kalacağımız açıktır. "Geleceği şu an belirler" veya daha basit haliyle "gelecek önceden belirlenmiştir" gibi önermelerin deney ve gözlemle sınanamayacak önermeler olduklarını yeterince ayrıntılı açıkladık. Dünyanın "durumları"nın ya parçacıkların konum ve hızlarıyla ya da alan nicelikleriyle tarif edilebildiklerini varsaydığımız özel durumlarda, genel nedensellik ilkesinin totolojiye düşmeden ifade edilebileceği iki yoldan bahsettik. Eş durumların, eş durumlarla takip edilmesini gerekli sayabilir veya tüm görüngülerin bir yasaya göre meydana geldiğini öne sürebiliriz. Bu

iki ifade biçimini kısaca isimlendirmek için, Margenau'nun tavsiyesine uymamız gerekir.[2] Margenau, modern felsefenin kurucularından ikisinin 18. yüzyılda nedensellik ilkesini ifade etme biçimlerinden yola çıkar. David Hume, nedenselliği dizilerin tekrarlanması olarak düşünmüştür; *A* yeniden ortaya çıktığı zaman, *AB* dizisi yeniden ortaya çıkar. Diğer yandan, Immanuel Kant, nedenselliği durumların birbirlerini takip ederken uydukları yasaların var olması olarak tanımlar. Buna bağlı olarak Margenau, Humecu nedensellik ile Kantçı nedensellik arasında bir ayrım yapar.

Hume[3] şöyle düşünür:

> Bilimlerin doğrudan sundukları tek hizmet, gelecekteki olayları nedenleri aracılığıyla nasıl yönetip düzenleyeceğimizi bize öğretmektir. ... Benzer olaylar, her zaman benzerleriyle bitiştirilmişlerdir; bizde bunun deneyimi vardır; dolayısıyla bir nedeni, *başka bir nesne tarafından takip edilen bir nesne* olarak tanımlayabiliriz ve *birinciye benzeyen bütün nesneler ikinciye benzeyen nesnelerce takip edilirler.* Ya da, başka bir ifadeyle, *birinci nesne olmasaydı, ikinci hiçbir zaman var olmazdı.* Nedenin görünmesiyle akıl, sonuç fikrine alışılmış bir geçiş yapar. Bizde bunun da deneyimi vardır. Bu deneyime uygun olarak, nedenin başka bir tanımını verebiliriz ve nedene *bir başkası tarafından takip edilen ve ortaya çıkması her zaman diğerinin düşüncesini getiren bir nesne* diyebiliriz.

Nedensellik ilkesi, Humecu anlamda, pratik amaçlar için olan bir araç olarak ele alınır. Doğrudan gözlemlenebilir olan olgularla ilgilenir. Nedensellik ilkesi bize arzu edilen bir etkiyi elde etmek için her zaman uygun bir nedenin olduğunu söyler.

Gözlemlenebilir durumlardan oluşan diziler yerine, durum değişkenlerinin değer sistemleri olan *A* ve *B*'yi kullanırsak, durum değişkenlerinin değerlerini gözlemlenebilir olgulara atfeden basit bir işlemsel tanım olduğunu kabul etmiş

oluruz. Nedenselliğin Humecu ifadesi, yani *AB* dizilerinin yeniden ortaya çıkması, ancak *A* ile belirli bir t_0 anında yapılmış bir gözlemler kümesini ve *B* ile t_1 anında yapılmış bir gözlemler kümesini kastediyorsak açık olarak anlaşılabilir. *A* durumunun kavranışında, t_0'dan daha sonra veya daha önceki bir anda ortaya çıkan gözlemlere hiçbir gönderme yoktur. Ancak, tekrar tekrar karşılaştığımız gibi, fizik veya diğer bilimlerde gerçekten kullanılan nedensel yasalar, *A* durumunu belirli bir zaman aralığında ortaya çıkan gözlemlerin kullanıldığı bir şekilde tanımlarlar. Mesela, "t_0'daki hız"ın işlemsel tanımının, bir zaman aralığı esnasındaki konumların gözlemlerini gerektirdiği çok açıktır.

Açıkçası, bir *A* durumu, yalnızca "*A* durumundaki bir cismin" başka cisimler üzerindeki, yani ölçüm aletlerimiz üzerindeki etkisiyle tanımlanabilir. Immanuel Kant, buna dayanarak, nedensellik yasasının bir sistemin *A* veya *B* durumunun tanımına müdahale ettiğini ve bu tanımda bir rol oynadığını vurgulamıştır. Hume'un rasgele tanımlanmış *AB* durumları dizilerinin yeniden ortaya çıkışları üzerinde durmasına karşın, Kant vurguyu genel kuralların varlığına yapmıştır. *A* veya *B* durumunun öyle tanımlarını seçme imkânımız vardır ki, durumlar birbirlerini bu genel kurallara göre takip ederler. Tipik bir paragrafı alıntılayacak olursa, Kant şöyle der:[4]

> Şeylerin doğasını önsel olarak çalışamayız; tek yapabileceğimiz koşulları ve evrensel (ama öznel) yasaları incelemektir; böyle bir bilişin deneyimlenmesi yalnızca bunlarla mümkündür. ... Bir gözlem yargısı, "bir olay gözlemlendiğinde, her zaman bir öncüle işaret eder ve onu evrensel bir kurala göre takip eder" yasası olmadan asla deneyim değildir.

Bu ifadenin belirli bir metafiziksel rengi vardır. Fakat burada Margenau'nun bakış açısına göre "Kantçı nedensellik",

Humecu nedensellik kadar bilimsel olan bir kavram olarak anlaşılmalıdır. Humecu nedensellik, vurguyu *A* durumlarının gözlemle tanımlanması olgusuna ve bunlardan tümevarımla çıkarılan nedensel yasaya yaparken, Kantçı nedensellik, dikkatimizi *A* durumlarını diziler için evrensel yasaların düzenlenebileceği şekilde tanımlamamız olgusuna çeker.

2. Dizilerin Yeniden Ortaya Çıkması Olarak Nedensellik

Tartışmayı, dünyanın bir durumunun sonlu sayıdaki verili durum değişkeniyle tanımlandığı kavramsal bir çerçeve bağlamında yürütecek olursak, bir *A* durumunun geri geldiğini ileri süren önermenin anlamı açıktır. Ancak, deneysel dünyanın bütünü veya parçasından başlayacak olursak, *A* durumunun geri dönmesine dair olan önermenin açık bir anlamı olması zordur. Tabii ki, aynı gözlemlenebilir özelliklerin geri geldiklerini kastedemeyiz. Bu tanımın ilk bakıştaki anlamını kabul edersek, manyetik bir demir parçası sıradan bir demir parçası gibi görünebileceğinden, birinin diğerinin yerine geçmesi bir *A* durumunun geri dönüşü olacaktır; ama bir sonraki durum olan *B* bu iki hal için kesinlikle aynı olmayacaktır. "Bir *A* durumunun geri dönmesi"nin anlamını kesin olarak tanımlamak istiyorsak, bu durumu nasıl tarif ettiğimizi kesin olarak ortaya koymamız gerekir. "Dünyanın bir *A* durumu geri dönerse, bir sonraki durum olan *B* de geri dönecektir" ifadesini kabul edersek, bu önerme ancak dünyanın gidişatı, aynı olayların ebedi tekrarları içindeki sonsuz sayıda döngülerden meydana geliyorsa, olgusal bir anlama sahiptir. Aksi halde ifademiz totolojik olur; herhangi bir olgusal içerikten ari olur.

Eğer aynı *A* durumunun tekrarı yoksa, nedensellik ilkesi, yani "*A* geri gelirse, *B* de geri gelir" önermesi, dünyada ne meydana gelirse gelsin geçerlidir. Evrenin bir *A* durumu-

nun yeniden ortaya çıkmasını işe dahil etmezsek, kendimizi "tamamlanmamış döngüler"le sınırlamamız gerekir. Örneğin, hareketsiz haldeyken yere düşen bir cismi ele alalım: Bu görüngü ortaya çıktığında, tamamlanmış bir döngüye sahip olmadığımız açıktır. Bu cismin dünyaya göre başlangıç konumu ve hızı yeniden ortaya çıkar ama Güneş'e göre konumu ve hatta dünya üzerindeki çevreye göre konumu her bir yeniden ortaya çıkış halinde kesinlikle farklıdır. Çevreyi görmezden gelirsek ve durum demekle basitçe dünyaya göre konum ve hızı kastedersek, *A* durumunun yeniden ortaya çıktığını ve her zaman aynı durumla takip edildiğini öne sürebiliriz. Açıkçası, bu yeniden ortaya çıkış dahi tam olarak doğru olmayacaktır, çünkü bahsi geçen cismi çevreleyen cisimlerin tümünün uyguladıkları bir etki vardır. Nedensellik ilkesinin (dizilerin yeniden ortaya çıkışının) uygulanabilirliği, tamamlanmamış döngülere uygulanabiliyor olması olgusuna dayanır. Nedensellik ilkesinin pratikte, dünyadaki tüm görüngülerin tamamlanmamış veya yaklaşık döngülere dönüştürülerek tarif edilebileceğini iddia ettiğini söyleyebiliriz.

Hakiki bilimde nedenselliğin ne anlama geldiğini gerçekten anlamak istiyorsak, doğada kendini gerçekten gösteren olayları yaklaşık döngülere dönüştürme işine giriştiğimizde, "bir durumun yeniden ortaya çıkması"nın çok farklı anlamlara gelebileceğini unutmamamız gerekir. Bu farkları herkesin aşina olduğu bir örnekle ortaya koyabiliriz: Atmosferimizin fiziksel durumuna "hava" adı verilir. Elimizde yeniden aynı sıcaklık, aynı atmosfer basıncı, aynı rüzgâr yönü ve şiddeti, elektrik yüklerinin aynı yoğunluğu vs. olursa, havanın bir durumu olan *A*'nın yeniden ortaya çıkmasından bahsedebiliriz. "*A*'nın yeniden ortaya çıkması"nı yukarıda anlatıldığı gibi havanın bir durumunun yeniden ortaya çıkmasıyla tanımlarsak, nedensellik yasası şöyle diyecek bir hava tahmin

sistemi kurmamıza imkân verir: Eğer bir hava durumu olan *A*'yı *B* takip ediyorsa, *A* her yeniden ortaya çıktığında *B* tarafından takip edilecektir. Bu hava tahmini yönteminin faydası, gözlemlenebilir olgulara çok yakın ve dolayısıyla başa çıkılması kolay nicelikler kullanmasıdır. Bu yöntem meteoroloji uygulamalarında asırlardır kullanılmaktadır ve hatta "çiftçi yıllıkları"nda bile yaygındır. Hava durumlarında döngüler olduğunu varsayar. Bu döngülere olan inanç bazen, havanın bir durumunun her yüz yılda bir tekrarlandığına inanmak gibi önyargılara dayanır. Hava durumu genellikle sıcaklık ve atmosfer basıncıyla tarif edilegelmiştir.

Burada "sıcaklık" veya "basınç" ile meteorolojik tablolarda kayıtlı olan değerleri kastederiz. Bunlar bir atmosferin "meteorolojik durumu"nu tarif ederler. Tablolardaki "sıcaklık" veya "basınç", bu niceliklerin bir bölgedeki ortalama değerleridir; örneğin Boston'daki sıcaklık veya Worcester, Massachusetts'teki basınç gibi. Bu tabii ki havanın kabaca bir tarifidir; sıcaklık ve basınç aslında çok daha küçük bölgeler arasında değişiklik gösterirler. Örneğin "sıcaklık" veya "basınç" ile bir santimetreküpteki, hatta daha da küçük bir hacim içindeki ortalama değeri kastedebiliriz. Bu değerler, aerodinamiğin diferansiyel denklemlerinde bir akışkanın (hava gibi) durumunu tarif eden durum değişkenleridir. Buna göre, bir $t = t_0$ anında atmosferin *A* durumunu, bu diferansiyel denklemlerin çözümü için ihtiyaç duyulan başlangıç koşulları olarak düşünebiliriz. Bu durumda, bir bölgenin *A* durumunun tarifi çok büyük sayıdaki değerlerden meydana gelir ve ileri derecede karmaşıktır. Diferansiyel denklemlerin rasgele başlangıç koşulları için çözülebileceğini varsayarsak, matematiksel olarak konuşmak gerekirse, sıcaklık, basınç vs.'nin değerlerini $t = t_0$ anı için bilmemiz durumunda, bu değerleri herhangi bir t anı için hesaplayabiliriz. Bu şekilde elde edilen

öngörüler, aerodinamiğin denklemleri kadar güvenilir olurlar, ama çözümler o kadar karmaşıktır ki pratikte bir değere sahip değillerdir.

Ancak, öyle durumlar vardır ki, atmosferimizin "aerodinamik durumları" dahi katı nedensel yasalara uymazlar; ani dalgalanmalar ve türbülanslar bu türden görüngülerdir. Böyle durumlarda, tekil moleküllerin konum ve hızlarını durum değişkenleri olarak vermemiz gerekir. Bunu yapınca da değişkenlerin sayısı milyonları bulur. Yapılan tahmin, Newtoncı parçacık mekaniği kadar güvenilir olsa da, uygulamadaki kullanılabilirlik hemen hemen tamamen ortadan kalkar. Moleküler durumu daha da rafine hale getirmek istersek, molekülün atomaltı parçalarına inmemiz gerekir. 8. Bölüm'de (Atomik Fizik) öğrendiklerimize göre, atomaltı parçacıklar alanında atomik nesnelerin konum ve hızları artık mümkün durum değişkenleri değillerdir ve bu nicelikler çerçevesinde herhangi bir nedensel yasa kurulamaz. Durum değişkenleri olarak, de Broglie dalgalarının genliklerini kullanmamız gerekir. Bunlar gözlemlenebilir görüngülere karışık istatistiksel bir şekilde bağlıdırlar.

Bu iddiaları genelleyerek, "dizilerin yeniden ortaya çıkması"nın anlamının, ne tür bir durumun yeniden ortaya çıktığının varsayıldığına bağlı olduğunu söyleyebiliriz. Bizim örneğimizde nedensellik, onu meteorolojik, aerodinamik, moleküler veya atomaltı durumlardan hangisinin yeniden ortaya çıkması olarak tanımladığımıza göre çok farklı anlamlara gelebilir.

Nedensellik ilkesinin tarihsel ve sosyal bilimlerde de, fizik veya kimyada olduğu gibi geçerli olup olmadığı çokça tartışılan bir konu olmuştur. Bu konuda öne sürülen iddialardan biri, tarih yalnızca bir kere olan olayları incelerken, fiziğin tekrarlanan olay dizileriyle çalışıyor olmasıdır. Alman filozof

Rickert,[5] bu argümanı ünlü bir kitabında kullanmıştır. Argüman, beşeri bilimleri temsil edenlerin, bilimsel yöntemin kendi alanlarına "yayılması"na karşı kavgalarındaki bir sembol haline gelmiştir.

Evrenin tamamının ebediyen döngüler halinde, durumlarını tekrar tekrar yineleyerek hareket ediyor olması ihtimalini dışlarsak, dünya sürecinin yalnızca bir kere meydana gelmiş olacağı açıktır. Nedenselliği dizilerin yeniden meydana gelmesi olarak ele alırsak, dünya sürecinin bir bütün olarak nedensellik yasasına uyduğunu veya uymadığını söylemek arasında bir fark olmaz. Fiziksel ve biyolojik görüngüler arasındaki ilişkiye dair ne düşünürsek düşünelim, kesin olan bir şey vardır: Nedensel yasaların örnekleri olarak yorumlanan fiziksel olguların döngüleri, büyük olasılıkla bir bütün halindeyken bir döngü olmayan dünya sürecinin bütününün yanında küçük kalırlar. Ağır cisimlerin yere doğru hareketleri, içerisinde aynı olay dizilerinin yeniden ortaya çıktığı bir döngü olarak düşünülür. Tabii ki, tam olarak aynı olayın yeniden ortaya çıkmadığını biliriz. Zaman ve mekânda başlama noktaları farklıdır; düşen cismin büyüklüğü, içinde bulunulan mevsim, çevre vs. farklıdır. Ancak döngünün ilgili özellikleri kendilerini tekrar ederler. Konum ve hızların döngünün bir bölümünde birbirlerini nasıl takip ettiklerini bilirsek, başka bir bölümünde nasıl takip edeceklerini çıkarabiliriz. Aslına bakarsanız, tüm nedensel yasalar dünya sürecini böyle tamamlanmamış döngülere bölerek bulunurlar; başka bir ifadeyle, bu yasaları elde etmek, dünya sürecini çok büyük sayıdaki tamamlanmamış döngüler olarak görebilmek için hangi durum değişkenlerinin görmezden gelinebileceğini ve görmezden gelinmesi gerektiğini bulmakla olur.

Fizik bilimindeki nedensel yasa kavramının, tamamen dünya sürecinde böyle tamamlanmamış "alt döngüler"in

var olması üzerine kurulmuş olduğunu görebilirsek, tarihsel ve sosyal olaylarda nedensel yasaları nasıl arayacağımızı kolaylıkla anlarız. Tarihsel olayların tam olarak yeniden ortaya çıkması diye bir şeyin olmadığı kesinlikle doğrudur; fakat fiziksel olguların tam olarak tekrarlanması diye bir şey de yoktur. Fizikteki nedensel yasalar, "yeniden ortaya çıkma"nın tanımında hangi durum değişkenlerini görmezden gelebileceğimizi bulmakla keşfedilirler. Ne kadar çok değişkenini görmezden gelebilir ve bunların ne kadar azını kullanırsak, yeniden ortaya çıkışlar o kadar sık meydana gelirler. Bu durumda, daha önce öğrendiğimiz gibi, en önemli yanları az sayıda değişkenle tanımlanmış durumların tekrar ortaya çıkması olan, fiziğin nedensel yasalarına o kadar yaklaşmış oluruz.

Değişkenlerin sayısını azaltmak çeşitli yollarla yapılabilir. Hava tahmini örneğini kullanarak bu yollardan iki tanesini kolayca tarif edebiliriz. "Meteorolojik" durumları kullanacak olursak, geniş alanlar bir tane sıcaklık ve bir tane basınçla tarif edilirler. Değişkenlerin az sayıda olması, ortalama almayla sağlanır. Öte yandan, durumun "moleküler" tarifini seçersek, her bir tekil molekülün konum ve hızını dahil ettiğimizde çok büyük bir değişken sayısıyla karşılaşırız. Ancak, moleküllerin mekân ve zamandaki yerlerini dikkate almazsak, her biri çok az sayıda değişkenle, en basit halde sadece konum ve hızla tarif edilirler. Dolayısıyla, tekil bir molekül için olan nedensel yasalar çok basit olurlar. "Bir durumun meteorolojik tarifi" meselesinde, nedensel yasaları, pratikteki hava tahmininde gerçekten kullanıldıkları gibi elde ederiz. Bunu şöyle örneklendirebiliriz: Kasım ayında Kuzey Amerika kıtasının belirli noktaları arasında küçük bir basınç farkı varsa, kış mevsimi çok soğuk geçecektir. Bu türden yasalar uzun vadeli hava tahminlerinde çok kullanışlıdırlar ama isabetlilik konusunda

o kadar da iyi değillerdir. Diğer taraftan, tekil bir molekülün hareketiyle belirlenen yasaları, özellikle Newton'ın hareket yasalarını düşünürsek, eğer bunların uygulanabileceği yalıtılmış koşullar sağlanırsa, bu yasalar büyük bir isabetlilikle geçerlidirler. Fakat bunların pratikteki hava tahminine uygulanmaları çok karmaşıktır ve çoğunlukla gerçekte yapılamaz.

Vurguyu biraz kaydırırsak şunu da söyleyebiliriz: Meteorolojik değişkenler çerçevesindeki tekrarlar oldukça sınırlı bir görüngüler kümesi için, yani havanın durumları için kullanışlıdırlar. Aerodinamik tarif, gaz halindeki maddelerde meydana gelen bütün görüngülerin öngörülmesi için faydalı olurken, moleküler tarif ise her türlü maddi cisimle başa çıkmakta kullanışlı olacaktır. İdare edilmesi gereken görüngüler kümesi büyüdükçe, kuram ile gözlemlenebilir görüngüler arasındaki mesafe artıkça artar. İşin içine gittikçe daha fazla işlemsel tanım dahil olur. Bu sebeplerden dolayı, "dizilerin yeniden meydana geldikleri"ni iddia eden ifade, "yeniden meydana gelme" ile ne denilmek istendiğinin kesin bir tanımını vermediğimiz sürece eksiktir. Bizim örneğimizde meteorolojik durumların yeninden ortaya çıkması anlamına da gelebilir; aerodinamik durumların veya moleküler durumların ve hatta atomaltı durumların tekrarlanması anlamına da.

3. Yasaların Var Olması Olarak Nedensellik

Nedenselliğin, dizilerin tekrar ortaya çıkması olan Humecu ifadesine kesinlik kazandırmaya çalıştığımızda sonucun fiyasko olduğunu gördük. İlk bakışta, bu ifade çok açık ve hatta ortakgörü düzeyinde görünüyordu. Eğer *A* ve *B* durumlarıyla demek istediğimiz hakiki gözlemlerin kümeleriyse, "yeniden ortaya çıkma"nın ne anlam geldiği açıktır; fakat tüm düşündüklerimizden çıkarılabilecek bir sonuç varsa, o da kesinlikle *A* ve *B* ile anlatmaya çalıştığımız şey hakiki göz-

lemlerin kümeleri ise, nedensellik yasasının geçerli olmadığı sonucudur. Manyetize bir demir parçasını sıradan bir parçayla karşılaştırdığımızda, kelimenin alışılmış anlamıyla bunlar birbirlerinden farklı görünmezler. Tabii ki moleküler yapının farklı olduğunu söyleriz; bir halde moleküllerin manyetik eksenleri sıralıyken diğerinde sıralı değillerdir. Bu sıranın üretilebileceği veya ortadan kaldırılabileceği deneyler kurabiliriz; örneğin, demiri manyetik bir alan içerisinde ısıya maruz bırakabiliriz. Böylece, bir demir parçasıyla yapılan belirli bir grup deney belirli özel sonuçlar yaratıyorlarsa, demirin de mıknatıs özelliği göstereceğini öğrenebiliriz. Eğer sonuçlar grubu bir grup deney tarafından veriliyorsa, demire "mıknatıslanma" denilen bir durum değişkeni atfederiz. Bu durum değişkeni, demirin bir *A* durumunu tanımlamak için yoğunluk, sıcaklık, basınç gibi başka değişkenlerle bir araya getirilir. Buna bağlı olarak da, nedenselliğin ifadesindeki "yeniden ortaya çıkma", "bu durum değişkenlerinin değerlerinin eş zamanlı olarak yeniden ortaya çıkması" anlamına gelir. Ancak bu önerme, gözlemlenebilir görüngü (Hume'un dilinde "nesne") kümelerinde, önceki görüngülerin yeniden ortaya çıkışlarının her birinin aynı görüngülerce takip edildiklerini ileri süren asıl Humecu ifadeye çok uzaktır. Elimizdeki yeni ifadeye göre, belirli bir grup cisim üzerinde çok çeşitli türden deneyler gerçekleştirirsek, bu cisimlere durum değişkenleri olan u, v ve w'yu öyle bir şekilde atfedebiliriz ki, belirli bir kümeyi takip eden bu değişkenlerin değerlerini belirleyen yasalarımız olur.

Hume'a getirdiğimiz yeni ifade, Kant'ın verdiği, bir cismin durumunun bu cisim üzerinde yapılan deneylerin sonuçlarını gözlemlemeden tanımlanamadığını ileri süren ifadeyi (1. Kısım) hatırlatır. Kant kendi üslubuyla bu durumu, bir deneyin bir cismin belirli bir özelliğini bize verdiğini söyleye-

bilecek yetkiye sahip olmayı istiyorsak, nedensellik ilkesinin geçerliliğini kabul etmemiz gerektiğini ileri sürerek sunar; Kant'a göre deneyimizin sonucunun bu özelliğin "etkisi" olduğunu varsaymamız gerekir. Fakat günümüz biliminde kullanılan dilde, bunun yerine, bir cisme özellikler atfederken, bu cisim üzerinde gerçekleştirdiğimiz deneylerin sonuçlarının, nedensel yasalar biçiminde ifade edilebileceği şekilde atıf yaptığımızı söyleriz. Mesela, "mıknatıslanma" özelliğini veya durum değişkenini, manyetizma alanındaki deneyleri şöyle önermelerle tarif edebileceğimiz şekilde kullanabiliriz: Bir cismin belirli bir mıknatıslanması, belirli bir sıcaklığı vs. varsa, termomanyetizma yasaları verili koşullar altında bu cismin başka cisimler üzerine nasıl etki edeceğini bize söylerler. Dolayısıyla, genel nedensellik ilkesi şu şekilde ifade edilebilir: Cisimlere durum değişkenlerini öyle bir şekilde atfedebiliriz ki, bu değişkenlerin az sayıdaki bir miktarı, bu cisimler üzerinde gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarını nedensel yasalar biçiminde ifade edebilmemizi sağlamaya yeterli olur.

Nedenselliği bu şekilde anladığımızda, "gözlemlenebilir" kelimesini günlük hayattaki veya fiziksel aletlerdeki ibre okumalarına gönderme yapan anlamıyla kullanırsak, cisimlere atfedilen "özellikler" veya durum değişkenlerinin, gözlemlenebilir özelliklere çok uzak olabileceklerini unutmamamız gerekir. "Demir bir çubuğun uzunluğu" gibi bu türden çok basit bir özelliği inceleyelim. Yasaların formülleştirilmesinde bu özellik bir sembolle, yani L harfiyle gösterilir. Örneğin, dayanak noktasına L_1 ve L_2 mesafelerindeki W_1 ve W_2 ağırlıkları arasında $L_1W_1 = L_2W_2$ ilişkisi geçerli ise, kaldıracın dengede olduğunu söyleriz ama bu gözlemlenebilir olgular bağlamında ne anlama gelir? L_1, rasyonel veya irrasyonel olabilecek "reel" bir sayıdır. Her bir gözlem, bize sonlu sayıda basamağı olan bir sayı verir: Bunlar hiçbir zaman irrasyonel değildir.

En iyi halde, tekil bir gözlem bize L_1'in 1.001 ile 1.002 gibi iki sayı arasında olduğunu söyleyebilir. Fizik yasasında kullanılacak olan L_1 sayısını bulmak için, çok büyük sayıda ölçüm yapar ve bunların ortalamalarını alırız. Bu ortalama, doğrudan bir ölçümün değil, bir ayarlamanın sonucudur. Bu sonuç $L_1W_1 = L_2W_2$ yasasında kullanılır ve bunun geçerliliği, ikisi de çok büyük sayıda gözlemin sonucu olan L_1W_1 ile L_2W_2 ifadelerinin, eşit olup olmadıkları incelenerek sınanır. Çoğunlukla, çubuğun uzunluğunun bir L değerine "sahip olduğu" ifadesini kullanırız; ancak unutmamamız gerekir ki, bu olguyu nasıl ifade edersek edelim, L değeri çok büyük sayıda gözlemi kullanan bir hesabın sonucudur. Dolayısıyla, nedensel bir yasayla aralarında bir bağlantı olduğu ortaya konulan semboller tekil gözlemleri temsil etmezler. L_1 veya L_2 gibi bir sembolün "işlemsel anlamı"nı tanımlayan "işlem", matematiksel hesaplarla, örneğin ortalama almayla birleştirilmiş çok büyük sayıdaki ibre okumalarından meydana gelir. "Uzunluk bir L değerine sahiptir" gibi ifadeler kullanmak istiyorsak, sahip olmayı saptama işleminin oldukça karmaşık olduğunun farkında olmalıyız.

Bilim ve felsefe alanlarındaki birçok yazar, kaldıraç yasası olan "$L_1W_1 = L_2W_2$"ye "nedensel yasa" denilmesine karşı çıkacaklardır. Böyle bir yasa, her bir durum için zamandaki bir olaylar dizisini ortaya koyar. Ancak, $L_1W_1 = L_2W_2$ yasasının aslında zamanda bir dizi ortaya koymadığını görmek zor değildir. Yasanın söylediği şudur: Bir kaldıraç için $t = t_0$ anında $L_1W_1 - L_2W_2 = 0$ doğru ise ve dayanak noktası etrafındaki açısal hız sıfır ise, kaldıraç gelecekteki herhangi bir $t = t_1$ zamanında $t = t_0$'daki ile aynı konumda olacaktır. $L_1W_1 = L_2W_2$ ilişkisi, geleceğin, özel başlangıç koşulları altındaki bir öngörüsüdür. $L_1W_1 = L_2W_2$'nin, bir kaldıracın dayanak noktası etrafındaki dönüşünü belirleyen daha genel bir "nedensel

yasa"nın özel bir durumu olduğunu kolaylıkla görebiliriz. Kaldıraçtaki çubuğun yaptığı açıyı ve sabit bir doğrultuyu Φ ile gösterebiliriz; kaldıracın açısal ivmesini α ile, kaldıracın dayanak noktası etrafındaki eylemsizlik momentini I ile ve dayanak noktası etrafındaki dış kuvvetin momentumunu da M ile gösterebiliriz. Dayanak noktası etrafındaki bir dönüş için olan hareket denklemiyle, bir kütle-noktasının hareketinin Newtoncı denklemi arasında bir benzerlik vardır; bu ikinci denklemin bileşenleri, üzerine F kuvveti etki eden m kütlesi ve doğrusal ivme olan a'dır: $ma = F$. Dönme hareketi için, kütle yerine eylemsizlik momentini, doğrusal ivme yerine açısal ivmeyi ve kuvvet yerine kuvvetin momentini koyarız. Bu şekilde elde ettiğimiz denklem $I\alpha = M$ olur. Bu denklemi kaldıraç konusuna uygularsak, $M = W_1L_1 - W_2L_2$'yi buluruz; böylece hareket denklemi $I\alpha = W_1L_1 - W_2L_2$ halini alır. Bu denklemi kaldıracın hareketsiz olduğu duruma uyguladığımızda, $\alpha = 0$ ve $W_1L_1 - W_2L_2 = 0$ denklemlerini elde ederiz ki bu da yine kaldıraç için denge yasasıdır.

Bu değerlendirmelerden öğrendiğimiz kadarıyla, tüm denge yasaları nedensel yasaların özel halleridirler. Hangi koşullar altında gelecekte hiçbir hareket olmayacağını (veya en azından ivmeli hareket olmayacağını) öngörebileceğimizi ortaya koyarlar. Geometri yasaları dahi bu şekilde yorumlanabilirler. Öklidci belitlerin[6] belirli bir maddeden yapılmış üçgenler için geçerli olduklarını kabul eder ve yaptığımız ölçümler sonucunda açılar toplamının iki dik açıya eşit olduğunu bulursak, başlangıç hızları sıfır ise bu üçgenlerin hareketsiz kalacaklarını öngörebiliriz. Doğruluğu zaten kabul edilmiş olduğu için, mekanikte bu geometrik yasadan bahsedilmez. Fakat açık konuşmak gerekirse, geometrik yasalar gelecekteki hareketlere dair yapılan tüm öngörülerle ilgilidirler. Açılar toplamı iki dik açıya eşit olmasaydı, bir üçgenin

gelecekteki herhangi bir hareketinin öngörülmesinde iç gerilimleri de göz önünde bulundurmak gerekirdi.

Birçok yazar, zamanı içeren yasalar ve geometri yasalarında olduğu gibi aynı andaki durumları birbirlerine bağlayan yasalar arasında bir ayrım yapmışlardır; fakat bu temel bir ayrım değildir. Bütün denge yasalarının daha genel nedensel yasaların özel halleri olduklarını öğrendik. Görelilik kuramını ele aldığımızda (5. Bölüm), bu durum daha da bariz bir hal alır. Bu kurama göre, iki veya daha çok olayın aynı anda mı yoksa farklı anlarda mı meydana geldikleri rasgele bir referans sistemine bağlıdır. Eylemsizlik yasası, kuvvetin momentumda bir artışa yol açtığını söyleyen Newton'ın ikinci yasası kadar nedensel bir yasadır.

4. Nedensel Yasa ve İstatistiksel Yasa

Bir mermi, belirli bir hızla belirli bir doğrultuda fırlatılırsa, bir hedefin hangi noktasının vurulacağını Newton'ın hareket yasalarını kullanarak bulabiliriz; fakat madeni bir parayı atar ve masaya düşüşünü gözlemlersek, "yazı" mı yoksa "tura" mı geleceğini aynı yoldan öngöremeyiz. Ancak, bin atıştan aşağı yukarı yarısının sonucunun "tura" olacağını öngörebiliriz. İlk durumda bahsettiğimiz bir "nedensel yasa", ikincisinde ise bir "istatistiksel yasa"dır. Bu iki yasa türü arasındaki farkı olabildiğince eksiksiz bir biçimde tanımlamaya çalışalım. Geometride, mekanikte, atomik fizikte vs. gerçekten gözlemlenenin veya gözlemlenebilir olanın tarifi ile bilim insanının görüngüleri tarif etmekte kullandığı sembolik kalıplar arasında keskin bir ayrım yapmamız gerektiğini daha önce gördük. Mesela, Öklidci geometrinin belitlerine uyan iki nokta arasındaki *D* uzaklığını ve böyle bir uzaklığın ölçüldüğü fiziksel işlemi, bir de bunlardan hangisiyle iki noktanın iyi tanımlı bir mesafeyle gerçekten birbirlerinden ayrılmış olup olmadıkla-

rını denetleyebileceğimizi ayırt etmemiz gerekir. Bu durumu göz önünde bulundurarak ve belirli bir başlangıç konumu ve hızıyla, belirli bir noktada vurulan bir hedefe doğru fırlatılan kütle noktası örneğini kullanarak, "nedensel" yasa ile "istatistiksel" yasa arasındaki farkı inceleyelim.

Başlangıç koşullarını ("sebep"i) bilirsek, hedef üzerinde vurulacak olan noktayı ("sonuç"u) öngörebilir miyiz? Açıkça sormak gerekirse, sebebi sonuca bağlayan "nedensel yasa" nedir? Başlangıç konumu bir *P* noktası olabilir ve kütle noktamızı hedefin düzlemine dik olan bir doğrultuda fırlatabiliriz. Kütle noktası tam olarak *P*'den geçerse ve hedefe tam olarak dik ise, bu hedefin merkezine C noktasında çarpacaktır. Aynı koşullar altında çok sayıda kütle noktasını fırlatırsak, bunların hepsi hedefin C noktasına çarpacaklardır. Bu sonuç, Newton'ın yasalarını, özellikle de eylemsizlik yasasını kullanarak hesaplanır. Argümanı olabildiğince basit tutmak için, yerçekiminin etkisini görmezden gelmeli ve parçacıkların yollarının yatay doğrultuda olduklarını varsaymalıyız. Kütle noktasını tam olarak doğru başlangıç koşulları altında fırlatacağımızdan eminsek, hedefin merkezini kesin olarak vurabiliriz. Bunun anlamı, tam olarak *P* noktasından başlamamız gerektiği ve fırlatma işlemini tam olarak yatay doğrultuda yapmamız gerektiğidir.

Bu deneyi pratikte gerçekleştirmeye çalıştığımızda, bir kütleyi tam olarak bu şekilde fırlatmanın teknik zorluklarının farkına varırız. Deneyi aynı pratik koşullar altında tekrarlarız; bu demektir ki her seferinde istenen koşulları sağlamak için aynı türden teknik düzenlemeyi yaparız. Fakat aslında hedefin her durumda C merkezinden vurulmadığını gözlemleriz; bunun yerine vurulan noktalar C merkezi etrafında belirli bir desen oluştururlar. Deseni incelediğimizde, C etrafında dönen bir simetri sergilediğini ve merkeze olan *r* uzaklığı art-

tıkça vuruşların sıklığının azaldığını görürüz. Matematiksel konuşursak, vuruşların frekansı merkeze olan *r* uzaklığının bir Gauss dağılım fonksiyonu ($e^{r2/2D}$) olarak azalır. Bu türden her dağılım bir *D* sabitiyle, yani vuruşların oluşturduğu desenin "dispersiyon"u ile nitelendirilir. *D* ne kadar küçük olursa merkez etrafındaki vuruşlar o kadar kalabalık olurlar; *D* ne kadar büyükse vuruşlar o kadar yayılırlar. Basit bir hesap yaparak $D^2 = \Sigma r^2 / N$ sonucuna ulaşabiliriz; burada Σr^2 bütün vuruşların merkeze olan uzaklıklarının karelerinin toplamı ve *N* göz önünde bulundurduğumuz vuruşların sayısıdır. "Dispersiyon" dediğimiz *D*, fırlatılan kütlelerin merkezi ıskalamalarının bir ölçüsüdür. Yalnızca her bir kütle tam olarak merkezi vurursa yok olabilir, çünkü $D = 0$ için her bir tekil *r*'nin yok olması gerekmektedir.

Başlangıç koşullarını ("sebep"i) uygulanabilir teknik bir işlemle tarif edersek, hedefin vurulacak olan noktasını tam olarak öngöremeyiz; sadece vuruşların desenini ve "dispersiyon"u, yani *D*'yi öngörebiliriz. Buradaki "sonuç", bir desen ile bir "dispersiyon"dur. Bu durum şu şekilde tarif edilir: Kütleye tam olarak *P* başlangıç konumunu ve hedefe tam olarak dik olan bir hız verebilseydik, kütle tam olarak C merkezine çarpardı. Fakat uygulamada, konum ve doğrultuyu tesis ettiğimiz aletlerin yetersizliğinden dolayı, gerçek başlangıç konumu *P*'ye belirli bir uzaklıktadır ve hızın hedefe paralel belirli bir bileşeni vardır. *P*'ye olan uzaklığın hedef üzerindeki izdüşümüne Δ_q, momentumun (kütle x hız) hedefe paralel bileşenine de Δ_p denilebilir. Bu durumda kütlelerin hepsinin hedefi merkezden vurmadıklarını söyleyebiliriz, çünkü Δ_q ile $\Delta_p$lerin hepsi sıfıra eşit değillerdir. Öyleyse, Δ_q'nun $D_q{}^2 = \Sigma(\Delta_q)^2/N$ diye bir dispersiyonu ve Δ_p'nin de $D_p{}^2 = \Sigma(\Delta_p)^2/N$ diye bir dispersiyonu vardır; ve ancak D_p ile D_q dispersiyonlarının ikisi de ortadan kalkarsa, kütlelerin tümü merkeze

çarparlar. D_p ile D_q'nun ikisi birden yok olmadıkça, her bir tekil kütlenin fırlatılmasının "sonuç"unu öngöremeyiz; sadece kütleler "küme"sinin tamamının fırlatılmasıyla oluşan deseni öngörebiliriz. Elimizdeki "istatistiksel" bir yasadır.

Ancak, hareket yasalarından sırf matematiksel çıkarım yaparak, kaybolan konum ve momentum dispersiyonları olan "kümeler" üretebilirsek, merkezi tam olarak tutturan çarpmaların öngörülebileceği sonucuna ulaşılır. Bu durumda olduğu gibi, başlangıç koşullarındaki dispersiyonları bastırarak, sonuçtaki dispersiyon da ortadan kaldırılabilirse, elimizdeki yasa Newtoncı mekaniğin belitlerine göre "nedensel bir yasa" olur. Ayrıca, uygulama aletlerini D_p ile D_q dispersiyonlarının ikisini de istediğimiz kadar küçültebilecek derece geliştirebileceğimize eminsek, gözlemlenebilir görüngüler bağlamında da "nedensel bir yasa" olur. Böylece bu aletin kullanılmasıyla "sonuç"u, yani merkezdeki vuruşu dilediğimizce kesin öngörebileceğimize emin olabiliriz.

Bir de, az önce tarif ettiğimiz şekilde "nedensel" olmayan yasaların özelliklerini vermeye çalışalım. "Nedensel bir yasa"nın karşılaması gereken iki tane gereklilik vardı; bunlardan biri matematiksel, diğeri fiziki (deneysel) bir gereklilikti. Birinciye göre, başlangıç koşullarının dispersiyonu ortadan kalkarsa, "sonuç"un dispersiyonu da yok oluyordu; ikinciye göre ise, başlangıç koşullarının dispersiyonunu (D_p ile D_q'yu) eş zamanlı olarak iptal edebilecek fiziksel aletler vardı. Newton'ın hareket yasalarının, konum ve momentumun işlemsel tanımları da dahil olmak üzere, onları ne kadar küçük seçersek seçelim p ve q değerleri için geçerli olduklarını varsayarsak, bu gereklilikler ile Newton'ın hareket yasaları kesinlikle bağdaşırlar. Yalnızca bu varsayıma dayanarak, D_p ile D_q'yu eş zamanlı olarak ortadan kaldırmanın mümkün olduğu sonucunu ve dolayısıyla merkezdeki vuruşu tam olarak öngör-

menin imkânlı olduğunu çıkarabiliriz. Bir hedefin merkezini tam olarak vurmaya izin veren eylemsizlik yasasının dahi, gözlemlenebilir görüngüler bağlamında, çarpmaların yaptığı bir desen için olan bir yasa, yani istatistiksel bir yasa olduğunu öğrendik. Buna "nedensel" dememizin sebebi, sadece başlangıç koşullarının dispersiyonlarını eş zamanlı olarak küçülterek çarpmanın yerini tam olarak öngörebiliyor olmamızdır. Dolayısıyla, bir çarpma desenini öngörmeye imkân tanıyan ama başlangıç koşullarındaki dispersiyon iptal edildiğinde "sonuç"un dispersiyonunu ortadan kaldırmayan hareketlere baktığımızda, farklı türden yasalar elde ederiz. Bunun, "yazı tura" oyununu madeni bir parayı atmakla üretilen mekanik bir görüngü olarak tarif edersek ortaya çıkacak olan durum olduğu açıktır. Hepimizin bildiği gibi bu mekanik deneyin sonucunda, çok büyük sayıdaki atışların yaklaşık yarısı "tura" gelirken, diğer yarısı "yazı" gelir.

Bu deney çoğu zaman, "yazı" veya "tura"dan birinin diğerinden daha sık gelmesi için bildiğimiz bir sebep olmadığı şeklinde dile getirilmiştir. Ancak, madeni paranın hareketi, bir kütle noktasının bir hedefin merkezine doğru fırlatılmasıyla aynı mekanik yasalarca yönetilir. Ne olacağından bihaber oluşumuz, Newtoncı hareket yasalarının yerine geçemez. Şunu bilmemiz gerekir ki, madeni para deneyimizde bir "neden"imiz, yani parayı bir aletle atma şeklimiz ve bir de "sonuç"umuz, yani "yazı" veya "tura"nın üste gelme sıklığı vardır. Bu, bir hedefe nişan almanın, "sonuç" olarak merkeze farklı uzaklıklardaki çarpmaların frekansını üreten bir "neden" olmasının benzeri bir durumdur. Madeni bir parayı, çok büyük bir sayı olması şartıyla *N* defa atarsak, bu atışların tümünü tek bir deney olarak düşünebiliriz. Para, her seferinde aynı deneysel başlangıç koşulları altında atılır. "Tura" gelen atışları *T*, "yazı" gelen atışları *Y* ile göstererek, "sonuç"u bir

model olarak tarif edebiliriz. Buna göre "sonuç" *TYYTTYTY-YYTTYT*... ile tarif edilir. Bu model uzatıldıkça, yaklaşık olarak aynı sayıda *T* ve *Y* olduğu gittikçe daha açık hale gelir.

Ancak, bir hedefe nişan almanın başlangıç koşullarının belirlediği "sonuçlar" ile madeni bir parayı atmanın başlangıç koşullarının belirlediği "sonuçlar" arasında temel bir fark vardır. İlk durumda, başlangıç koşullarının dispersiyonlarını gittikçe daha fazla küçülterek, sonucu da, hedefi vurmadaki *q* ve *p* değerlerini neredeyse tam olarak hesaplayana kadar küçültebiliriz. Madeni bir parayı attığımız durumda ise, *TYY*... diye bir modeli neredeyse kesin olarak öngörebiliriz; burada "tura" gelme sıklığı *N* tane atışta yaklaşık $\frac{1}{2}N$ olur. Bu model, madeni paranın başlangıç konumu ve hızından bağımsızdır. Başlangıç koşullarının dispersiyonunu küçültmekle "sonuç"u, yani uzun bir atış dizisinde ortaya çıkan *T* ve *Y*lerin "frekansı"nı değiştiremeyiz.

Az sayıda atış gözlemlersek, hiçbir şey öngöremeyiz; model değişken ve öngörülemez olur. Seri ne kadar uzarsa, ortaya o kadar güvenilir bir frekans çıkar. "$\frac{1}{2}$ frekansı"ndan bahsederken, "tura" olayının "frekansı" ile demek istediğimiz tura gelen durumların sayısıyla tüm atışların sayısı arasındaki orandır. Eldeki durumda, bir "sebep" olarak para atma işleminin, neredeyse kesin olarak bir "sonuç"a, yani "tura"nın $\frac{1}{2}$ frekansına sahip olduğu bir atış serisine yol açtığını söyleriz. Bir hedefe nişan alma konusunda da benzeri bir önerme ileri sürülebilir. Çok küçük sayıda kütle noktası fırlatırsak, hedef üzerinde az sayıda çarpma gözlemleriz ve ortaya çıkan çarpmaların *C* merkezine uzaklığına dair herhangi bir şey öngöremeyiz; fakat çok büyük sayıda kütle fırlatırsak, belirli bir model oluşacağını neredeyse kesin olarak öngörebiliriz. *C*'nin etrafında, artan *r* yarıçaplarıyla çemberler çizilirse, *r* yarıçaplı bir çember içerisindeki çarpmaların sayısının çarpma-

ların hepsinin sayısına oranı, çarpma sayısı çok büyürse *r'*nin belirli bir fonksiyonu olacaktır.

Bu iki örnekten görüldüğü kadarıyla, Newtoncı hareket yasalarından gözlemlenebilir görüngüler için geçerli olan iki tür yasa türetebiliriz. Newton'ın yasalarının kendilerinin, gözlemlenebilir olgulara dair önermeler olmadıklarını, sadece kavramsal bir çerçeve olduklarını unutmamamız gerekir. Ama yine de, sınanmaya uygun başlıca iki yasa türü türetebiliriz. Diğer taraftan, "nedensel yasalar"ımız vardır. Bir hedefe nişan alarak bir kütle noktası fırlatmak bu türe bir örnektir. Burada basit bir durum vardır. Kuvvet alanı basittir; başlangıç koşulları az sayıdaki değişkenin değerleri verilerek tarif edilebilirler. Değişkenlerin son değerlerinin (hedefteki değerlerinin) öngörülmesinde, dispersiyon bu sefer büyük bir kesinlikle azaltılabilir. Ancak, Newton'ın yasalarından tamamen farklı bir türden de sonuçlar elde edebiliriz. Bu ikinci türde durum çok karmaşıktır. Madeni bir paranın başlangıç koşulu az sayıda değişkenle tarif edilemez. Madeni para havada izlediği yol boyunca, düzensiz hızlara sahip çok büyük sayıda hava parçacığıyla çarpışır. Burada, durum değişkenlerinin belirli bir zamandaki değerlerine dair hiçbir şey öngöremeyiz ve sadece belirli bir ortalama davranıştan bahsedebiliriz; yalnızca para yere düştükten sonra üstte kalanın "tura" mı yoksa "yazı" mı olduğunu kayda geçeriz. Ancak bu model basit bir yasayla, bizim incelediğimiz durumda $\frac{1}{2}$ frekansıyla tarif edilebilir. Bu durumda öngörülen frekans, paranın başlangıçtaki durum değişkenlerinin dispersiyonundaki herhangi bir küçülmeyle değişmez.

Newton'ın mekaniğinin gözlemlenebilir görüngülere yapılan uygulamalarının tümü bu iki yasa türüne dayanır. Bunların ikisi de aynı şekilde Newton'ın hareket denklemlerinin sonuçlarıdır; farklı koşullar altında türetilebilen iki farklı tür yaklaşık çözümün sonucu olarak ortaya çıkarlar. Birinci durumda, baş-

langıç koşullarının azalan dispersiyonu, durum değerlerinin belirli sonuçlarının ortaya çıkışlarını büyük bir doğruluk oranıyla öngörmemize imkân verir. Böylelikle "nedensel yasalar"-dan bahsederiz. İkinci durumda, yaklaşık başlangıç koşullarından, durum değişkenlerinin değerlerindeki belirli bir modeli, başka bir ifadeyle bu değişkenlerin farklı değerlerinin belirli bir zamanda ortaya çıkma "frekansı"nı büyük bir kesinlikle öngörebiliriz. Ve "istatistiksel yasalar"dan bahsetmiş oluruz.

Bilimdeki gelişmeler bu iki yasa türünün, yani "nedensel yasalar" ve "istatistiksel yasalar"ın sadece mekanikle değil, bilimin bütün alanlarıyla alakalı olduklarını göstermiştir. Fakat Newtoncı mekaniğin hüküm sürdüğü düşünülen alanlarda, bilimin diğer alanlarından farklı olarak, iki yasa türü de Newton mekaniğinden türetilebilir. İstatistiksel yasaların Newton'ın hareket yasalarından türetilmesi "Ergodik Teoremi"ne[7] kadar geri götürülebilir. Herhangi bir karmaşıklıkta olabilecek mekanik bir sistemde, kütlelerin tümünün her zaman sabit, sonlu sınırlar içerisinde kaldıklarını ve enerjinin de sabit olduğunu varsayarsak, sistemimizin, belirlenmiş olan sınırlarla ve enerjiyle uyumlu olan konumların ve hızların hepsinin yanından tekrar tekrar geçtiğini hareketin diferansiyel denklemlerinden çıkarabiliriz. Bu sistemi uzun bir süre boyunca izlersek, sistemin her bir durumunun (konum ve momentumun) sadece bu duruma bağlı olan belirli bir frekansla geçildiğini görürüz. "Ergodik Teorem", mekanik bir sistem için "istatistiksel bir yasa" ortaya koyar ve biz de her istatistiksel yasanın en sonunda "Ergodik Teorem"e benzeyen bir teoreme dayandığını varsaymaya yönlendirilmiş oluruz.

Başka alanlarda, bahsi geçen iki tür yasanın var olduğunu basitçe kabul ederiz. İkisinin kaynağının aynı olduğunun ispatına ihtiyaç duymadan, onları doğrudan çalışırız. Ancak, konu mekanik olunca iki türün de Newton'ın yasalarına gi-

diyor olması gerçeği, nedensel ve istatistiksel yasaların birbirleriyle uzlaştırılamaz iki yasa türü olmadıklarını akla yatkın kılar. Gözlemlenebilir görüngüler üzerinden konuşacak olursak, tüm yasalar istatistiksel olur. Bir hedefe nişan alma işlemini gözlemlemekle, bir çarpma desenini öngörebiliriz; aynı şekilde, madeni bir paranın atılması işlemini gözlemleyerek, "tura" veya "yazı" gelme sıklığını öngörebiliriz. Aynı zamanda, matematiksel hareket yasalarımızı kullanarak, birinci durumdaki başlangıç koşullarının dispersiyonunu azaltıp "nedensel bir yasa"yı uygulamaya koyabiliriz. Bu limiti hesapladıktan sonra, şöyle bir konuşma şekli kullanırız: Bir kütle matematiksel bir koşula tam olarak uyacak şekilde fırlatılsaydı, hedefi tam olarak merkezden vururdu. Fakat, "bir kütle noktasının, hız olarak belirli bir sayıya sahip olduğu"nu söylemenin, bir limitin varlığının ileri sürülmesinden başka bir anlamı yoktur. Gözlemlenen bir hız, her zaman gözlemlerin istatistiksel bir ortalamasıdır ve kesin bir nedensel yasada yalnızca bir limit olarak ortaya çıkabilir. Açık konuşmak gerekirse, limitleri kabul eden istatistiksel yasalar vardır; bunlara da "nedensel yasalar" denir. Bunun yanında, bir de yazı tura atmak veya kura çekmek için olan yasalar gibi, limitleri kabul etmeyen istatistiksel yasalar vardır.

Bu değerlendirmeleri yaparken, bütün argümanlarda, bahsi geçen görüngülerin bazı özel değişkenler, konumlar ve hızlarla ifade edilebilen yasalara uyduklarını kabul ettiğimizi unutmamamız gerekir. Sosyolojik, biyolojik veya psikolojik görüngüler gibi daha genel görüngüleri ele aldığımızda, yalnızca hangi değişkenler için nedensel veya istatistiksel yasalar olması gerektiğini de belirtirsek "yasalar"dan bahsedebiliriz. Yazı tura oyununu, "tura" gelme sıklığını bir değişken olarak düşünüp tarif edersek, "nedensel bir yasa"mız olur. Parayı atma işleminden, "tura"nın frekansının $\frac{1}{2}$ olacağı kesin olarak çıkar.

13. BÖLÜM

BİLİMİN BİLİMİ

1. Antik Bilimde ve Modern Bilimde Tümevarımın Yeri

Britanyalı büyük filozof John Stuart Mill,[1] 1831'deki bir mektubunda şöyle demiştir: "Katkıda bulunabileceğim herhangi bir bılim varsa, bunun bilimin kendisinin bilimi, araştırmanın ve yöntemin bilimi olduğunu düşünüyorum."

Modern bilim ve ortaçağ bilimi arasındaki farkı, tümevarım ve tümdengelimin değişen rollerini vurgulayarak ortaya koymak uzun zamandır süregelen bir gelenek olmuştur. Aristotelesçi felsefenin çizgisinden giden ortaçağ bilimi tümevarımla ilerledi; genel ilkelerden tekil olgulara giden çıkarımlar yaptı; modern bilim ise (1600 sonrası), gözlemlenmiş tekil olgulardan başlar ve "tümevarım" yöntemiyle genel ilkelere ulaşır. Doğa bilimlerine, yani fizik, kimya ve biyolojiye, "indüktif bilimler"* adı verilmiştir. Doğa bilimlerinin tarihini konu edinen kitapların en önemlilerinden biri

* "Tümevarım" ile "indüksiyon" eş anlamlı kelimelerdir, daha doğrusu, aynı yönteme verilen isimlerdir. Bu metinde, bilimlerin kullandığı, özelden genele ilerleyen yöntem için "tümevarım" terimi, tümevarımı kullanan bilimleri, çıkarımları vs. nitelemek için ise "tümevarımsal" demek yerine "indüktif" sıfatı tercih edildi. (çev.)

William Whewell'ın[2] *History of the Inductive Sciences* [İndüktif Bilimlerin Tarihi] adlı eseridir. Modern bilimi eski bilimden bu şekilde ayırt etmek ne anlama gelir? Burada vurgulanmak istenen, modern bilim insanının gözlem ve deney yoluyla tekil olguları topladığı, bunlardan yola çıkarak da "tümevarım" yöntemiyle genel ilkelere ulaştığıdır; Aristoteles ise *Fizik* adlı kitabında genel ilkelerden başladı ve bunlardan mantıksal çıkarımla ("tümdengelim" ile) gözlemlenebilen tekil olaylara ulaştı. Modern bir bilim insanı tümevarımla genel ilkeler kurduğunda, deney ile denetlenebilecek tekil olgular elde edebilmek için bu ilkelerden mantıksal çıkarımlar yapmak zorundadır. Diğer taraftan, Aristoteles gibi bir bilim insanı da genel ilkelerini gördüğü rüyalarda bulmadı; bunları gözlemlenmiş tekil olguların toplamından oluşan deneyime dayanarak geliştirdi.

Bilim, pratikte her zaman hem tümevarımı hem de tümdengelimi kullanmıştır ama genel ilkelerin gözlemlenen olgular temelinde kurulma şekillerinde kesinlikle farklılıklar olmuştur. Tabii ki Platon ve Aristoteles'in çağdaşları, gökcisimlerinin göklerde izledikleri yörüngelerin aşağı yukarı dairesel hareketle tanımlanabileceğini gözleme dayanarak biliyorlardı. Gökcisimlerinin tüm hareketlerinin dairesel olduğu ilkesinin kaynağı kesinlikle bu gözlemlerdi; dolayısıyla, tümevarım kelimesini genel anlamında, yani tekil olgulara dair önermelerden genel önermeler türetmek anlamında kullanacak olursak, dairesel yörüngeler ilkesinin tümevarımla oluşturulduğunu söyleriz. Ancak daha önce, dairesel yörüngeler ilkesine, gözlemlerden yapılan bu "indüktif çıkarım"ın garanti edebileceğinden çok daha sıkı bir şekilde "inanıldığını" ayrıntılı olarak tarif ettik.[3] İnsanlar buna "anlaşılır bir ilke" olarak inandılar; gökcisimleri gibi tanrısal ilahi varlıkların "mükemmel yörüngeler" takip etmeleri akla yatkın görünü-

yordu ve daire mükemmel bir eğriydi. Dairesel yörüngeler ilkesinden bir gezegenin küre üzerindeki konumuna dair sonuçlar türetilirse, ilke yaklaşık olarak desteklenmiş olur; fakat çok sayıda konum türetilir ve bunlar tam olarak ölçülürse, yörüngenin tam olarak dairesel olmadığı, Kepler'in keşfettiği gibi eliptik olduğu bulunur. Önceleri "mükemmellik"e dayanan argümana o kadar önem veriliyordu ki, gezegenlerin konumlarına dair dairesellik ilkesinden çıkarılan sonuçların gözlemlenen sonuçlarla bağdaşmıyor olması gerçeği üzerinde pek durulmadı. Ancak zamanla bu konuya gösterilen ilgi arttı.

Antik bilim ile modern bilim arasındaki fark tümevarımın kullanımı değildi; antik bilim de modern bilim gibi tümevarıma dayanıyordu; aralarındaki fark keşfedilen bir ilkenin geçerliliği için konulan ölçütlerdi. Şimdiki "doğrulama" yöntemi eskisinden farklıdır; artık ilkelerin "felsefi" dediğimiz (1. ve 2. Bölümlerde) sebeplere dayanarak kabul edilmiş bir dünya resmine uygun olmalarındansa, sonuçlar ile gözlemlenen olguların bağdaşması daha ağır basıyor. Pek çok yazar modern bilimin ayırt edici özelliğinin, genel ilkelerin "doğrulama"sı olarak sadece ve özellikle bu ilkelerin sonuçları ile "gözlemlenen olgular" arasındaki uyuşmayı kabul etmeye bağlılığı olduğunu söylemişlerdir. Ancak, içinde bulunduğumuz yüzyılda dahi bu bağlılığa "temkinli" yaklaşmak gerekir. Bu bağlılığın pratikteki anlamı, astronomi ilkelerinin bir doğrulamasının yalnızca astronomik olguların gözlemlenmesini dikkate almasıdır. Modern bilim, Kopernikçi sistemin teolojik ve felsefi öğretilere uyup uymadığının değerlendirilmesini "kullanım dışı" bırakmıştır.

Öte yandan başka bir "gözlemlenen olgu" da, Kopernikçi sistemin ortakgörü çerçevesinde düşünmenin alışkanlıklarını bozmuş olmasıydı; bu durum çeşitli psikolojik sıkıntılar ya-

ratıyordu çünkü Kopernikçi sistem gerçekliğinden şüphe duyulamayacak gözlemlenebilir olgularla çelişiyordu. Aslında modern bilim de fizik biliminin ilkelerini, özellikle bu ilkelerden türetilebilen ve duyularımızla gözlemlenebilen fiziksel olgulara dayanarak kabul etmemiştir. Şüphesiz ki, kutsal kitapların kelimesi kelimesine yorumlanmasına olan inanç gücünü kaybetmemiş olsaydı, Kopernikçi sistem asla kabul edilmezdi. Mutlak uzay ve zamana olan metafizik inanç Ernst Mach gibi insanların deneysel felsefesiyle sarsılmamış olsaydı, Einstein'ın görelilik ilkesi asla kabul görmezdi. Dolayısıyla, Aristoteles'in kullandığı doğrulama türüyle modern bilimin kullandığı türü birbirinden ayıran kesin bir çizgi çekme imkânımız yoktur. Söyleyebileceğimiz tek şey, modern bilimin doğrulama için yeterli eğitimi alan herkesçe idrak edilebilecek ve sınanabilecek ölçütler tercih ettiğidir. Normal duyuları ve normal bir zihinsel yeteneği olan herkes böyle bir eğitimi alabilir. Ancak, "normal" ve "idrak etme" gibi terimlerdeki kaçınılmaz bulanıklığı da kabul etmemiz gerekir. Bilim, bir doğrulama yönteminin "paylaşılabilir" olduğuna emin olmak için, uzayın belirli bir noktasında belirli bir anda kırmızı bir nokta görmek veya sıcak yuvarlak bir yüzeyi hissetmek ya da benzer "duyu gözlemleri"ne sahip olmaktan meydana gelen "gözlemleri" tercih eder. Bilim insanının "gerçek dünya duyu gözlemlerinden meydana gelir" gibi metafizik görüşleri yoktur; duyu verilerini tercih etmesinin tek nedeni herkes tarafından tekrarlanabilir ve denetlenebilir olmalarıdır.

Antik bilim ve modern bilim arasındaki farkı başka bir şekilde de ifade edebiliriz: Aristoteles ve ortaçağ biliminin gözlemlenen duyu verilerinden anlaşılır gibi görünen çok genel ilkelere geçişleri çok hızlıydı. Küre üzerindeki konumlara dair, sayıları az olan bulanık gözlemlere dayanarak, mükemmel dairesel yörüngelerin genel yasasını kurdular. İnsan bu

genel ilkelerin güzelliklerinin tadını çıkarabilirdi, ama kesin gözlemlere başlangıçtaki olgulardan daha yakın olan olguların türetilebileceği, daha az genel olan yasalara giden bir dönüş yolu yoktu. Bilindiği üzere, Francis Bacon[4] tümevarımı bilimin temeli olarak gören bir bilim insanıydı. Tümevarımın antik bilim ile modern bilimdeki rolleri arasındaki farkı tüm yönleriyle tarif etti. Ancak Bacon, Aristotelesçi felsefeden modern bilime geçişle anılan kişi olsa da, Aristotelesçi felsefe ile ortaçağ biliminin tümevarıma dayanmadığını hiçbir zaman söylemedi; sadece oldukça akla yatkın bir şekilde antik bilim ile modern bilim arasındaki farkı ortaya koydu. Bacon, *Novum Organum* kitabında, bilimin doğayı öğrenmek konusunda faydalı olabilmek için benimsemesi gereken yeni yaklaşıma işaret etmiştir.

Francis Bacon şöyle yazmıştır:[5]

> Gerçeği aramaya girişmenin ve onu keşfetmenin, yalnızca iki yolu vardır ve daha fazlası olamaz. Bir tanesi duyulardan ve tikellerden yola çıkarak en genel belitlere ulaşır ve doğruluğunu basit ve sarsılmaz olarak kabul ettiği bu ilkelerden, yargılara ve ara belitlerin keşfine ilerler; günümüzde revaçta olan yol budur. Diğeriyse, duyu ve tikellerden belitler türetir; kademeli ve kesintisiz bir yükselişle tırmanır ve böylece en genel belitlere en son ulaşır. Asıl doğru olan yol budur ama hiç denenmemiştir.

Açıkça görüldüğü gibi, Bacon hem antik bilimin hem de modern bilimin tümevarımla başladığını düşünmektedir; peki ama antik bilimde tümevarımın kullanılmasıyla modern bilimde tümevarımın kullanılması arasındaki fark nedir? Bacon bu farkı açık bir şekilde tarif eder:[6]

> Bu yolların ikisi de duyular ve tikellerden başlayıp en yüksek genellemelerde son bulurlar; ancak aralarındaki farklar sonsuzdur. Biri deney ve tikellere sadece şöyle bir bakıverir; diğeri ise hakkını vererek ve düzenli bir şekilde onların yanını mesken tutar.

> Biri ortaya kesin, soyut ve işe yaramayan genellemeler koyarak başlar; diğeri basamak basamak ilerleyip doğanın düzeninde önsel olan ve daha iyi bilinene ulaşır.

Bacon'ın ifadesindeki önemli nokta, "ara belitler"in veya "orta genellik"te ilkelerin (*bkz.* 1. Bölüm) rollerine dair söyledikleridir. Bunlar, yerçekimi yasası veya ısı ile mekanik işin eşitliği gibi fiziksel yasalardır. Gözlemlenebilir görüngülere dair önermeler, bu ilkelerden tam olarak türetilebilirler. Modern bilimde bu yasalar gözlemlerimiz ve deneylerimize dayanarak yapılan "tümevarım"la inşa edilirler; ortaçağ bilimi veya felsefesindeki tümevarım işlemi ise bu "ara belitler"in çok daha ilerisine giderek, kendilerinden tümdengelimle bu "ara belitler"in türetilebildiği, "mükemmellik", "doğal yerini aramak" vb. gibi en genel felsefi ilkeleri üretti. Bundan dolayı, en genel ilkeler ile gözlemlenen olgular arasında hiçbir zaman kesin bir fikir birliği olmadı.

2. Tümevarım, Genel Yasalar ve Tekil Olgular

Geometriden bahsederken üzerinde durmuş olduğumuz bilimlerin, yani Newton'ın hareket kuramının, görelilik kuramının ve atomik nesnelerin hareketlerinin[7] yapısını gözden geçirirsek, bunların hepsinde bir belitler sisteminden başladığımızı ve bu sistemden teoremler türettiğimizi görürüz. Burada karşılaştığımız ana mesele, bu belitler veya genel ilkelere nasıl ulaşılacağıdır. Bize verilen ve bu ilkeleri inşa etmek için kullanmamız gereken hammadde, öncelikle fiziksel gözlemler ve deneylerden elde ettiğimiz sonuçlardan oluşur. Buna kısaca "gözleme dayanan malzeme" adını verebiliriz. Diğer taraftan, ilkelerin inşasında doğrudan kullanılan malzemeler, kelimeler veya matematik formülleri ile birlikte bu kelime ve formüllerin kendi aralarında birleşmelerinin kuralları, yani söz dizimi veya dedüktif mantık kurallarıdır. Kısaca

"dilsel malzeme"den bahsedebiliriz. Bilimin görevi, gözleme dayanan malzemeden sembollerden oluşan ve mantıksal işlemlerle bağlanan genel ilkeleri çıkarmak olmuştur. Bilimin "gözleme dayanan malzeme" üzerine "dilsel malzeme"den oluşan bir yapı kurmak zorunda olduğunu söyleyebiliriz. En geniş anlamda, böyle bir yapıyı kurma işlemine "tümevarım" denir.

Tabii ki, hem gözleme dayanan malzemeler hem de dilsel malzemeler insanın tarihine eşlik ederek gelişirler. Gelişimleri, sosyolojik ve psikolojik etmenlere bağlıdır. Daha alışık olduğumuz bir dili kullanacak olursak, insanlar bu iki öğeyi genellikle Whewell'ın de indüktif bilimlerin tarihi ve felsefesi üzerine yazdığı temel kitaplarında yaptığı gibi "olgular" ve "fikirler" olarak tarif etmişlerdir. C. J. Ducasse[8] "bu temel antitezin çeşitli hallerinden birine veya diğerine gönderme yapan pek çok terim ikilisi" olduğuna işaret eder.[9] Düşüncemizi belirli bir kelime kalıbına sıkı sıkıya bağlı kalmaktan kurtarmak adına bu "ikililer"in birkaçını burada alıntılamak faydalı olabilir. Mesela Whewell, "Düşünceler" ile "Şeyler"in antitezinden bahseder. Bir yılın 365 günden oluştuğunun bilgisi, bir taraftan verilen toplamı, diğer taraftan da saymanın zihinsel etkinliğini kapsar. "Düşünceler olmadan bağlantılar olamaz, Şeyler olmadan gerçeklik olamaz." Tanıdık olduğumuz başka bir konuşma biçimiyse "Zorunlu Doğrular" ile "Deneye Dayanan Doğrular" arasındaki zıtlıktır. "Zorunlu Doğrular" der Whewell, "kendi Düşüncelerimizden türetilirler; Deneye Dayanan Doğrular bizimle ilgili olan Şeylere dair gözlemlerden türetilirler." Tümevarım ile Tümdengelim arasındaki karşıtlık dahi aynı temel antitezin başka bir hali olarak ele alınabilir. Whewell, "Tümdengelim"in "Düşünceler"imizin sağladığı önermelerden başladığını, "Tümevarım"ın ise dışardaki "Şeyler"e dair gözlemlerden başladığını

söyler. Benzer türden başka bir antitez "Kuram" ile "Olgu" arasındadır. Whewell'a göre bu antitezin üyelerini birbirinden en belirgin şekilde ayıran terim ikilisi "Fikirler" ile "Duyumlar" dır. Whewell der ki:

> Uzay, zaman, neden vs.'ye "Fikirler" ... diyorum. Bu ilişkiler, duyu gözlemlerinin verebileceğinin ötesinde bir şeyler içerirler. "Fikirler" kelimesi, aklın kendisinin sağladığı ve bilgi üretmek için "Duyum" ile bir araya gelmesi gereken bu öğeyi ifade eder.[9]

Whewell gibi biz de çok açık olmayan ama ortakgörü diline yakın olan ifadeler kullanırsak, diyebiliriz ki "tümevarım" duyumlardan, olgulardan, şeylerden vs. başlar; bu öğeleri fikirlerle, kuramlarla, zorunluluk düşünceleriyle vs. birbirlerine bağlar ve bizi kendilerinden "tümdengelim" ile yeni şeyler, olgular vs. türetilebilen genel ilkelere götürür. Gördüğümüz gibi, "tümevarım" nihayetinde gözlemlenen olgulardan başlayıp yeni olguların keşfine gider. Basit bir örnek verecek olursak: Gezegenlerin küre üzerindeki konumlarını gözlemleriz; bunlar olgulardır. Kepler, gözlemlenen olguları bir araya getirmek için eliptik yörüngeler fikrini kullanmıştır; bu yolla Kepler'in hareket yasalarına ulaşmıştır. Bu yasalardan tümdengelim yoluyla gezegenlerin daha önce gözlemlenmemiş olan konumları bulunabiliyordu. Bu şekilde, gözlemlenmiş olguları temel alarak yeni olgular öngörülebiliyordu. Burada ortaya çıkan soru, tümevarım işleminin gözlemlenmiş olgulardan genel yasalara mı, yoksa gözlemlenmiş olgulardan daha önce gözlemlenmemiş olan yeni olgulara mı gittiği sorusudur. Şimdiye kadar öğrendiğimiz kadarıyla, bilinen olgulardan bilinmeyen yeni olgulara mantıksal çıkarımla giden bir yol olamaz; böyle bir yol ancak kendilerinden olgular türetilebilen genel yasalardan geçer. Diğer taraftan, genel yasalar da ancak verili olgulardan tümevarım yoluyla

bulunabilir. "Tümevarım" yönteminin verili olgulardan yeni olgulara mı, yoksa verili olgulardan genel yasalara mı gittiği konusu çokça tartışılmıştır.

Bu noktada John Stuart Mill ile William Whewell arasında geçen tartışmaya göz atmak öğretici olabilir; çünkü bundan yüzyıl önce bu yazarların ikisi de "tümevarım" konusuna çağdaşlarının hepsinden daha fazla önem verdiler. Bu yazarların eserleri bugün bile çalışılmalıdır. Whewell, bilimin yapısını bugün düşünüldüğü haliyle ifade eden ilk yazardır. Mill ise tümevarımı ortakgörü fikirlerine daha yakın ve dolayısıyla şimdiki bilimsel bakış açımıza göre artık kullanım dışı olan bir şekilde sunar. Bu sebeple, aralarındaki tartışma bugünün biliminin nasıl inşa edildiğinin berrak bir resmini verir. Mesela Whewell, kendi tümevarım kavramına "tekil olgulara" "aynı tikellik derecesindeki" başka olgulardan ulaşma işlemini dahil eden Mill ile aynı fikirde değildir. Bu çıkarım, hiçbir halde tek başına tümevarım değildir; bir örnek üzerine uygulanmış olan tümevarımdır.

Bir top başka bir topa çarparsa, tümevarım ile momentumun korunması yasasını bulabiliriz; fakat Whewell'a göre sıradan bir bilardo oyuncusu yeteneği sayesinde, momentum üzerine düşünmeden, bir topa vurup onu istenen yönde hareket ettirebiliyorsa, "tümevarım" terimi kullanılamaz. Mill, bunun tümevarımın yabani hayvanlarca bile yapılabilen bir türü olduğunu vurgular.

Bilardo örneğinde olduğu gibi "şartlı refleksler"le yapılan bir eylem, mesela "bir yeri yanan bir çocuğun ve hatta bir köpeğin bile ateşten korkması" gerçeği, Mill'e göre "Tümevarım"ın rehberlik ettiği bir eylemdir. Whewell ise "eylem alışkanlıkla ve alışkanlık deneyimle şekillendirilebilse de, sadece uygulamada olan bir biçime sahip olduğu sürece, ne insanlar ne de hayvanlardaki böyle bir deneyim, bilimin malzemesi

değildir" diyerek Mill'in bu düşüncesine karşı çıkar. Çocuklar ve hayvanların tepkilerine "tümevarım" deyip demediğimiz sorusunun önemsiz bir soru olduğu düşünülebilir. Ancak Whewell, dikkatimizi bilim ve felsefe için çok önemli olan bir noktaya çeker. "Tümevarım" gibi bir terimin bir tanımını bir başkasına tercih ettiğimiz zaman, bunu belirli bir amaç için yaparız. Tanımlar, olgulara dair olabildiğince kısa ve sade önermeler oluşturmak için kullanılırlar. İçinde bulunduğumuz durumda, şu önermeyi kullanmayı tercih ediyoruz: "Tümevarımdan bahsederken, şu anda aramızda olan bilimlerin inşa edilmesinde kullanılan işlem türünü kastediyoruz." Whewell'ın vurguladığı gibi, bilim pratikteki alışkanlıklar ve eğilimlerden değil, genel ilkelerden meydana gelir. Dolayısıyla pratikteki alışkanlıkları veya şartlı refleksleri tümevarım olarak göstermek, bilimlerim tümevarımla geliştiği önermesini bir yanıltı haline getirir. Bu durumda doğru olan, bilimlerin gelişmesinde tümevarımın genel ilkeleri kullanan özel bir türünün asıl rolü oynadığını belirten önermedir; pratikteki alışkanlıklarla yapılan tümevarımın ise ikincil bir rolü vardır. Bu ifade büyük ihtimalle doğru olacaktır ama aynı zamanda da karmaşık olacak ve "bilim ağırlıklı olarak tümevarımla ilerler" diyen basit önermeyi dışlayacaktır.

3. Yeni Kavramlarla Yapılan Tümevarım

Bu ifadeye "bilimin bilimi" ile ilgili temel bir önerme olarak bağlı kalırsak, tümevarımla ne kastedildiğini anlayabilmek için bilimin gerçekte nasıl ilerlediğini incelememiz gerekir. Daha önce verdiğimiz bir örnekten başlayıp Kepler'in[11] gezegenlerin eliptik yörüngeler takip ettiklerini söyleyen yasasını ele alabiliriz. Kepler, Mars gezegeninin küre üzerinde gözlemlenmiş konumlarından başladı ve yasasına, bu "gözleme dayanan malzeme"den tümevarımla ulaştı. Kepler'in indük-

tif çıkarımının John Stuart Mill ve William Whewell tarafından nasıl tarif edildiğini incelemek ilginç olacaktır.[10] Mill'e göre Kepler, Mars gezegeninin gözlemlenmiş konumlarına hiçbir şey eklemedi; sadece bu konumların bir elips üzerinde konumlanmış olduklarını gördü. Bu düşüncesini Mill şu şekilde ifade etti: Kepler, "gezegenin bir elips üzerinde hareket ettiğini ortaya koydu. Kepler'in hiçbir ekleme yapmadan gezegenin hareketinde keşfettiği bu olgu, farklı bölümleri ayrı ayrı gözlemlenmiş olan olgunun ta kendisi, farklı gözlemlerin toplamıydı." Bunun aksine Whewell, bunun "*sadece* gözlemlerin toplamı olmadığını, gözlemlerin Kepler'in aklının sağladığı *yeni bir bakış açısıyla görülen* bir toplamı olduğunu" şiddetle vurguladı.

Whewell, bilindik bir analojiyi bu iddiasına örnek olarak verdi. Kepler'in yasaları Kepler'in kitaplarında yer alır ama eğer bir kişi Latince bilmiyorsa onları bulmayacaktır.

Kitabın içindeki yasaları bulabilmek için Latince öğrenmemiz gerekir. Benzer şekilde, bir kâşifin bilimsel doğruyu bulabilmek için doğanın kitabına bakmanın yanında bilimin dilini bilmesi de gerekir.

Doğanın kitabı "gözleme dayanan malzeme" dediklerimizden oluşur; ama bir yasayı keşfedip formülleştirebilmek için, kâşif dilsel malzemeyi yeterli düzeyde kullanabiliyor olmalıdır ki doğanın kitabını okuyabilsin. Whewell, oldukça etkileyici ve anlaşılır bir şekilde, 20. yüzyıl biliminde hâkim olan bilim anlayışına çok yakın sözler kullanır. "İnsan Doğanın *yorumcusudur*; sadece Seyirci değil, Yorumcudur. Gözleme yalnızca bakmaktan başka, dilin çalışılması da dünyanın yüzüne yazılmış olan yazıları okuyabilmemizin gerekliliğidir."

Whewell'a göre, her başarılı tümevarımın esas önemli noktası yeni bir kavram, yazarın elindeki dilsel veya man-

tıksal malzemeden çıkardığı yeni bir düzendir. Kepler'de bu kavram elipsti; Galileocu mekanikte ivme kavramıydı; Newton'ın düşüncesinde ivme ve yerçekimi kavramlarıydı; modern optikte dalga kavramıydı vb. Mill, bu kavramların gözlemlenen olguların kendilerinden farklı olduklarını reddetti; kavrayış olguların bir kopyasıydı. Mill'e göre "kavrayış, *akla* sağlanmadan önce, *akıl tarafından* sağlanmaz." Bunun aksine Whewell, bizi yeni tümevarımlara götüren "kavramlar"ın gözlemlenen olgular tarafından dayatılmadıklarını, aklımızın bu kavramları, yapı malzemesi olarak ya bir süredir aklımızda var olan ya da sadece uygun bir kavramlar sistemi sağlamak için yapılmış olan dilsel malzemeyi kullanarak yeni kavramsal çerçeveleri inşa eden bir etkinlikle oluşturduğunu vurgular. Mill, genel yasanın olguların içinde olduğu ve sadece farkına varılıp okunması gerektiğinde diretirken, Whewell, bunun tersine, genel yasanın insan etkinliğinin bir ürünü olduğunda ısrar eder. "Eğer" der Mill, "olgular kavramların altında doğru bir şekilde sınıflandırılıyorsa, bunun sebebi olguların kendilerinde kavramın kopyaladığı bir şey olmasıdır." Whewell ise buna karşı çıkar ve şöyle der: "İnsanın kendine özgü yeteneği olmadan bu kopya yapılamaz; tıpkı bir insanın kötü yazılmış bir yazıyı o yazının dilini anlamadan anlamlı hale getiremeyeceği gibi."

Gözlemlenmiş olgulara dayanan her tümevarımda göze çarpan nokta, olguları birbirlerine bağlayan yeni bir kavramın icat edilmesidir; Whewell'ın terminolojisine göre bu kavram onları "bir araya getirir". Gözlemlenen olgular her bir araya getirildiklerinde yeni bir kavramın kullanılması, her tümevarıma yeni bir sözlü ifadenin veya yeni bir teknik terimin eşlik etmesinde kendini gösterir. Whewell der ki:

> En azından, daha önce kullanılmamış olan bazı terim veya ifadeler artık olgulara düzenli olarak uygulanıyorlar. Kepler, Mars'ın

> Güneş çevresinde "eliptik bir yörüngeyle" dolaştığını ileri sürdü; Newton gezegenlerin Güneş'e doğru çekildiklerini iddia etti. Bu yeni terimler, *eliptik yörünge* ve çekilmek, tümevarımın dayandığı yeni görüşleri ifade ederler.

Whewell, fiziğin tarihinin yalnızca yeni olguların keşfedilmesinden meydana gelmediğini, en az bunun kadar önemli olan, yeni kavramların ifade edilmesini de kapsadığını vurgular. Açık açık şöyle der:

> İndüktif bilimlerin tarihi, bilimi oluşturmak için bir araya getirilmiş *olgularla* ilgili olduğu kadarıyla, keşiflerin tarihidir. İndüktif bilimlerin felsefesi, olguları bir araya getiren fikirlerin ve kavramların tarihidir.

Kepler'in eliptik yörüngeler yasası gibi bir tümevarıma, olguların bir özeti mi yoksa aklımızın ürettiği kavramların işe dahil edilmesi mi denileceği, pek de anlamlı bir soru değildir. Kuramlar ve olgular arasında her durumda kullanılabilecek bir sınır çizmek çok zordur. Whewell'ın kendisi ara ara, *olguların* çok iyi desteklenmiş ve bize çok tanıdık gelen kuramlardan başka bir şey olmadıklarını söyler. Aklımızın ürünü olan kavramların rolüne yaptığı vurguda, Whewell'ın üzerinde kesinlikle Kant felsefesinin güçlü bir etkisi vardı. Kant'a göre bilimin, gözlemlenen olguların aklımızın ürettiği bir çerçeveye yerleştirilmesiyle meydana geldiğinden daha önce bahsetmiştik.[12] Kant bu çerçevenin ebedi geçerliliği olduğuna, bilimdeki herhangi bir gelişmeye bağlı olarak değişime tabi olmadığına inanıyordu. Whewell da Kant gibi, aklımızın ürettiği "dilsel malzeme"nin bilimin gelişmesi için büyük önemi olduğuna inanıyordu ve bu şekilde bilimin yapısını daha iyi anlamak için büyük katkılarda bulundu; fakat Kant'tan farklı olarak, aklımızın ürettiği kavramsal çerçevelerin değişmez olduklarına inanmıyordu. Bunun yerine, artan

"gözlem malzemesi" ile kavramsal çerçevelerin de değiştiğini varsaydı ve bilimin gelişmesi ile yapısını 20. yüzyıl bilimindeki anlamıyla düşünen belki de ilk yazar oldu.

Bu bakış açısının kaynağı ne olursa olsun, bilimin bilinmeyen alanlara ilerlemesinde yeni kavram ve terimlerin kullanılmasının önemini dikkate almak öğretici olacaktır. Yine Kepler'in yasası örneğinden başlayalım. Küre üzerinde bir gezegenin art arda gelen konumlarını gözlemleriz ve bunları bir kâğıt üzerinde bir noktalar dizisi olarak gösteririz. Bu noktaların hepsine birden bakar ve onları "bunların hepsi 'elips' denilen bir eğriyle birleştirilebilirler" diyerek tarif edersek, konumları numaralandırarak söylediğimizden daha fazlasını söylemiş olur muyuz? "Elips" kavramını kullanmadan, gezegenin bütün konumlarını gözlemlenmiş olan konumlardan çıkarabilir miyiz? "Tümevarım" ile demek istediğimiz, gözlemlenen konumlardan bunlar arasındaki diğer tüm konumları çıkardığımız bir işlem ise, bir tür interpolasyon olan "numaralandırma ile yapılan tümevarım"ı kullanabiliriz. "Tümevarım" ile aklımızda bir elips denkleminin yaratılması ve bu eşitlikle tüm konumların hesaplanması demek istiyorsak, "kavramlar yaratarak yapılan tümevarım"ı kullanabiliriz. Mill bir dereceye kadar tümevarımın ilk türünü destekledi, Whewell ise ikinciyi şiddetle savundu.

Seçenekleri bu şekilde ifade ederek, hiçbir zaman sonu gelmeyecek bir tartışma başlatmış oluruz; oysaki "yeni kavramlar yaratarak yapılan tümevarım"ın bilimin ilerlemesi için ne kadar faydalı olduğunu göstermek çok kolaydır. Sadece bir gezegenin tek bir cismin (Güneş'in) etkisi altındaki hareketini düşünürsek, yörünge tam olarak eliptiktir ve bütün konumların bir elips üzerinde yer almalarının bir olgu olduğunu söylemekle, sadece konumların birer olgu olduklarını ve elips kavramının bunlara eklendiğini söylemek arasında pek

bir fark yoktur. Fakat biz üçüncü bir cismi (örn. ikinci bir gezegeni) daha dikkate alacağız ve ilk gezegenin yörüngesinin diğer iki cismin uyguladıkları çekim karşısında ne olacağını soracağız. Bu koşullar altında, astronomların dediği gibi bir "tedirginlik" altında geçilen konumları düşünecek olursak, bunları üzerine yerleştirebileceğimiz düzgün bir eğri göremeyiz. "Tedirginlik" kuramı bu konumları, hareketsiz olmayan, uzayda yavaşça dönen ve hareket eden bir eliptik yörüngeyle tarif edebileceğimizi göstermiştir. Sadece elips kavramından yola çıkar ve daha karmaşık olan hareketi temsil edebilmek için bir "elips"in nasıl hareket etmesi gerektiğini sorarsak, tedirginliğin etkisi altındaki hareket tarif edilebilir ve hesaplanabilir. Basit gezegen hareketinde yalnızca olguların tarifini sade ve kullanışlı bir şekilde vermenin bir aracı olan "elips" kavramı, tedirginlik kuramında, Kepler'in yasasının kapsadığı basit gezegen hareketinden çok daha ileri bir karmaşıklıkta olan "tedirgin hareket" meselesinin çözümü için vazgeçilmez olan bir araç halini alır.

Bu örnek bizi tümevarımın izlediği, fiziğin daha basit meselelerinden daha karmaşık olan meselelerine geçmekte kullanabileceğimiz genel bir yola götürür. Britanyalı (daha doğrusu İskoçyalı) büyük fizikçi James Clerk Maxwell,[13] bilinmeyenin topraklarına giden ilk basamağın, bilinen bölgeyi olabildiğince sade bir şekilde tarif eden matematik kavramlarını çalışmak olduğunu ortaya koydu. Maxwell şöyle dedi:[14]

> Bilimin etkili olarak çalışılmasında ilk yapılacak olan, geçmiş araştırmaların sonuçlarının sadeleştirilmesi ve aklın kavrayabileceği bir biçime indirgenmesi olmalıdır. Bu sadeleştirmenin sonuçları saf matematiksel bir formül veya bir fizik hipotezi biçiminde olabilirler.

Maxwell "soyut matematik"te yapılan işin, kısa ve zarif analitik ifadeler üretmekle, fizik bilimindeki ilerlemenin

önemli bir parçası olduğunu şiddetle vurgular. Kendimizi temel matematik veya temel analizin ürettiği formüllerle sınırlasaydık, ilerleme için ihtiyaç duyulan kavramlar kullanışsız ve dolambaçlı bir şekilde ifade edilirlerdi.

Matematiksel veya mantıksal kavramlar kullanmanın oynadığı dinamik rolün bir örneği olarak, "bir vektör alanının rotasyoneli veya dolanımı" kavramının rolünden bahsedebiliriz. Hareketsiz duran elektrik yüklerimiz varsa, bunlar Newton'ın yerçekimi yasasıyla aynı biçime sahip olan Coulomb'un yasasına uyan bir elektrik alanı oluştururlar; bu alan E yüküne r uzaklığında E/r^2 şiddetindedir. Böyle bir alan bir V elektrik potansiyelinden türetilebilir; yani potansiyelin gradyanıdır. Bir potansiyelin gradyanı olan her vektör alanı, rotasyonelinin veya dolanımının sıfır olması özelliğine sahiptir. Bundan dolayı, "bir alanın rotasyoneli = 0" eşitliği bir elektrostatik alanı, yani durağan haldeki elektrik yüklerinin ürettiği bir alanı belirtir. Bir alanın rotasyonelinin ortadan kalkması, alanın kendisini gradyanı olarak verebilen bir "potansiyel enerji"nin varlığıyla matematiksel açıdan özdeştir. Bir elektrostatik alan için "rotasyonel" kavramının kullanılması, yasaların çok kısaca ifade edilmesine imkân veren, ama böyle bir alana dair fizik bilgimize Coulomb'un iki yük arasındaki etkileşim için olan yasasının kapsamadığı hiçbir bilgiyi eklemeyen saf matematiksel bir araçtır. Çoğu kişi, elektrostatik alan gibi basit bir şeyi tarif etmek için "rotasyonel" gibi karmaşık matematiksel bir kavramın kullanılmasının matematikçilerin lüzumsuz bir hevesi olduğunu söyleyecektir. Ancak Maxwell elektrostatik alandan genel elektromanyetik alana giden genellemesini ortaya koyduğunda, genellemesinin ana aracının "rotasyonel" kavramı olduğunu buldu. Genel bir alanda "rotasyonel" kavramının artık statik alanda olduğu gibi ortadan kalkmadığını, bunun yerine zamanla

değiştiğini varsaydı. Maxwell'in hipotezi, elektrik alanın rotasyonelinin manyetik alanın zamana göre türeviyle orantılı olduğunu ortaya koyarak basit bir şekilde ifade edilebiliyordu. Bu, Maxwell'in yukarıda alıntılanan paragrafta ifade ettiği genel fikrin uygulanmış halidir. Genellemelerin keşfi için olan bu işlem bilimde tekrar tekrar kullanılmıştır.

Bu konuda en dikkat çekici örneklerden biri, Newton'ın "klasik" yerçekimi kuramının bir genellemesi olan, Einstein'ın yerçekimi kuramıdır. Einstein'ın 1905'te ortaya koyduğu "özel görelilik kuramı"nı, 1908'de Minkowski "dört boyutlu uzay"ı ve bu uzayda tensör hesabını kullanarak geliştirdi. O zamanlar "dört boyutlu dünyanın" fiziğin alanına girmesi, matematikçiye, yalnızca Einstein'ın kuramına zarif ve hatta heyecan verici gelen bir şekil vermek için yapılmış bir numara gibi görünüyordu; fizikçi ise bunu anlaşılmaz, ortakgörünün kavramlarına çok uzak ve gereksiz matematiksel sıkıntılar içeren bir değişiklik olarak görüyordu. Einstein bile bir süre böyle düşündü. Görelilik kuramı üzerine yaptığımız çalışmadan öğrendiğimiz gibi,[15] özel görelilik kuramı yalnızca bir doğru üzerinde sabit hızla hareket eden sistemlerle ilgiliydi. Newton ve hatta başlarda Einstein bile, ivme hareketi ve dönme hareketini "mutlak" hareket olarak kabul ettiler. Ancak Einstein, her zaman görelilik ilkesini genelleyerek düzgün olmayan hareketlere uygulanabilir hale getirmek eğilimindeydi. Kısa süre sonra, yalnızca üç uzay koordinatı ve bir zaman koordinatıyla yapılan geleneksel anlatımı kullanan özel görelilik kuramının ilk halinin çok karmaşık olmasından dolayı, bu konuda bir genellemeye nasıl ulaşılacağını hayal etmenin çok zor olduğunu buldu. Minkowski'nin dört boyutlu anlatımında ise, özel görelilik kuramının matematiksel açıdan çok basit verildiğinin ve kolaylıkla hızlanan hareket ile dönme hareketini kapsayacak şekilde genellenebileceği-

nin farkına vardı. Einstein'ın genel görelilik kuramını veren "tümevarım", Minkowski'nin dört boyutlu uzay-zamanıyla "özel görelilik kuramı"na verilen zarif ve sade biçim sayesinde mümkün olmuştur.

Bu konuda örnekler bulmak için modern fiziğin kuramlarına bakmak zorunda değiliz; zarif bir matematik modelinin kullanışlı olmasının en büyük ve dramatik örneği Kopernikçi gezegenler sistemi kuramıdır. Kopernik, Güneş etrafındaki eşmerkezli yörüngeler sistemini geliştirdiği zaman, bu matematiksel şemanın Batlamyus'un Dünya etrafındaki çemberler ve episikller şemasından çok daha üstün olduğu herkesçe kabul gördü. Fakat bir kuramın sadece matematiksel açıdan sade olmasıyla değerlendirilemeyeceği, aynı zamanda "doğru"ya ne kadar yaklaştığıyla da değerlendirilmesi gerektiği söylenebilir ve söylendi de. "Felsefi doğru"yu "bilimsel doğru"nun bir denetleyicisi olarak dikkate almaz ve bunlardan sadece ikincisini ele alırsak, bilimsel kuramların hangisinin daha doğru olduğunu, bilimin gelişmesinde ne kadar kullanışlı olduklarını karşılaştırarak değerlendiririz. Kuramlar arasından daha iyi genellemelere gideni tercih ederiz; bu genellemeler de bizi daha fazla gözlemlenebilir olguyu kapsayan bir kurama götürürler. Batlamyusçu sistem, karşılıklı etkileşimleri görmezden gelindiğinde gezegenlerin hareketleriyle yakın bir uyum içindeydi; Kopernikçi sistem ise gezegenlerin dairesel yörüngelerinin, örneğin Dünya'nın başka gezegenlerin, mesela Jüpiter'in uyguladığı çekim kuvvetinden nasıl etkileneceğini araştırmak için iyi bir başlangıç noktasıydı. Etkileşimin sonucu Kopernikçi kuramdan hesaplandığında elde edilenler, tabii ki Batlamyusçu kuramda da yorumlanabilirler; bunun için gezegenlerin tümünün yörüngelerinin dünyaya göre düşünülüp hesaplanması gerekir; fakat bu yörüngeler o kadar karmaşık olacaklardır ki, onlara

Batlamyusçu episikllerden başlayarak ulaşmak uygulamada hiçbir zaman mümkün olmayacaktır. Bu durumda Kopernikçi sistemin üstünlüğünün, genellemelerle özel bir uyum içinde olmasından kaynaklandığını görürüz. Bu uyumun sebebinin ise, bu kuramın matematiksel sadeliği ve zarifliği olduğunu öğrendik. Şimdiyse matematiksel sadeliğin Kopernikçi sistemi sadece zariflik gibi estetik özelliklerinden dolayı üstün kılmadığını, bu üstünlüğün kaynağının aynı zamanda Kopernik'in sisteminin genellemeye uygunluğundan dolayı sahip olduğu "dinamik kalite" olduğunu anlıyoruz.

Geometriden[16] öğrendiğimiz kadarıyla Öklidci Geometri geçerli ise, düzlemdeki herhangi bir üçgenin iç açıları toplamı $2R$ (veya 180°) ya da açılar α, β, γ ise, "eksiklik" $\Delta = 180° - (\alpha + \beta + \gamma) = 0$ olur. Bundan başka "uzayın eğriliği"nin (C) anlamını da öğrendik; eğrilik, bir üçgenin birim alandaki (a) eksikliğidir: $C = \Delta/\alpha$. Matematikçiler C için çok zarif bir formül türetmeyi başarmışlardır. Fizikçiler bu formülü fazla önemsemediler, çünkü Öklidci uzayda, ki tüm uzaylar Öklidci olarak düşünülüyordu, C zaten sıfıra eşitti. Ancak Öklidci geometride zarifliği ve sadeliğiyle ilgi çeken matematiksel bir sembolden başka bir şey olmayan bu formül, genel görelilik kuramının keşfedilmesi ve sunulmasında kullanılan başlıca bir araca dönüştü. Artık dört boyutlu uzay-zaman sürekliliğinin eğriliğinin, bu uzaydaki yerçekimsel kütlelerle orantılı olması gerektiğini varsayarak Einstein'ın yerçekimi kuramının temel hipotezini kurmak mümkündü. Matematikçiler C için olan formülü fizikçilerin hizmetine sunmamış olsalardı, böyle bir hipotez hiçbir zaman kurulmamış olurdu. Burada yine, yeni ve daha genel olguları keşfetmek için, bilinen olgulara dair kullanışlı ve sade matematiksel ifadelerin büyük önemini görürüz. "Tümdengelim" yoluyla uygun matematik

formüllerinin elde edilmesi, bize yeni genellemeler ve dolayısıyla yeni olgular öğreten "tümevarım"ın vazgeçilmez bir dayanağıdır.

4. Kavramlar ve İşlemsel Tanımlar

Geometri, hareket yasaları, atomik nesnelerin hareketleri, atomik dünyanın yeni dili ve nedensel yasalarla ilgili (3. Bölüm'den 10. Bölüm'e kadar) yaptığımız çözümlemelerden anladığımız kadarıyla, tümevarımla elde edilen sonuçların deneyimle test edilebilmesinin tek yolu, içerdikleri kavramların "işlemsel anlam"a sahip olmalarıdır.[17] Bir kavramın (örn. "uzunluk"un) "işlemsel bir tanımı" verilebiliyorsa, bu kavramın işlemsel anlamı vardır. Buna göre, kavrama (örn. tekil bir demir parçasının uzunluğuna) her bir tekil durumda tek ve kesin olarak belirlenmiş bir değer atfedebilmek için yerine getirilmesi gereken fiziksel bir işlemler kümesini tarif etmek zorunludur. "Uzunluk"un sıcaklık, basınç, elektrik yükü ve başka fiziksel özelliklere bağlı olduğunu biliyoruz. Einstein'ın görelilik kuramından beri bir cismin uzunluğunun cismin hızıyla "değişeceğini" biliyoruz. Yani, bir uzunluğu ölçmekte kullandığımız işlemin tarifi, sıcaklığı, basıncı, hızı vs. sabit tutmak için yapılan işlemi de kapsar. Başka bir ifadeyle, uzunluğun işlemsel tanımı aslında sıcaklık, basınç, hız vs.'nin de işlemsel tanımlarını içerir. Bir uzunluğu basınç, sıcaklık, hız gibi başka etmenleri sabit tutarak nasıl ölçeceğimizi anlayabilmek için, çok sayıda fiziksel yasayı bilmemiz gerekir. Öyleyse, "uzunluk" gibi tekil bir niceliğin her işlemsel tanımına biraz şüpheyle yaklaşılmalı ve bu yaklaşık bir tanım olarak anlaşılmalıdır. "Uzunluk" veya "zamandaki mesafe" gibi tekil niceliklerin, şüpheye yer bırakmayan işlemsel tanımlarını verecek olan bir işlemler kümesi, sadece "elverişli" şartlar altında tarif edilebilir.

P. W. Bridgman,[18] termodinamiğin "sıcaklık, ısı sağlanması, mekanik enerji sağlanması" gibi temel kavramlarının, fiziksel ya da "kalem kâğıt" türünden işlemlerle tanımlanabildiği koşullar üzerine ayrıntılı ve akıllıca bir çalışma yaptı. Küçük uzay ve zaman aralıklarında çok büyük değişiklikler olması durumunda sıcaklık ölçümü yapılamayacağı açıktır. Bir cisme belirli bir yüzey aracılığıyla sağlanan Q ısısını ölçmek için geleneksel kalorimetri yöntemlerini kullanabiliriz. Bu durumda, ısının yüzeyden "pürüzsüz" bir şekilde, cisimde dikkate alınacak herhangi bir madde hareketi olmadan geçtiğini varsaymamız gerekir. Diğer taraftan, yapılan mekanik işi, basınç ile hacimdeki artışın çarpımı olarak tanımlarız. Bu eşitlik, tabii ki sadece cisme etki eden hiçbir itme veya kütlelerin türbülanslı hareketi yoksa geçerlidir. Bridgman şöyle yazar:[19] "Isı akışı ve mekanik enerji akışının açık ve anlaşılır bir analizi, uygulamada yalnızca çok istisnai koşullar altında yapılabilir." Buna örnek olarak Bridgman, ısının mekanik eşdeğerini, paletlerle karıştırılan bir kova suyun sıcaklığındaki artış ile tarif etmek için Joule'ün kurduğu düzeneği ele alır. Paletlerin mekanik enerjisinin suyun termal enerjisine dönüşmesi bir bakıma, büyük ölçekli hareketin moleküler düzeydeki türbülansa dönüşmesiyle ilgili bir tür bozulmadır. Bridgman, ısı veya mekanik işe dair nelerin gözlemlendiğini çözümlemenin zor olacağını vurgular; sonuç kesinlikle ölçüm aletlerinin ölçeklerine bağlı olacaktır. "Isı akışı ve işin anlamlı oldukları en genel koşullar üzerine çalışmak mutlaka çok ilginç olacaktır; fakat bildiğim kadarıyla hiç denenmemiştir. "Isı akışı" ve "iş" gibi kavramlar, sadece özel "pürüzsüz" koşullar altında anlamlı olsalar da, fizik deneylerini yapabilmek için temel kavramlar olarak kullanılabilirler; hakiki deneylerde hâkim olan yasalar ölçümler arasındaki ilişkilerdir ve sadece "ısı" ile "iş" gibi kavramların kendi işlemsel tanımlarına

sahip oldukları bu "pürüzsüz" koşullar altında geçerlidirler. Mesela, termodinamiğin ilk yasasını pedal örneğine uygulayacak olursak, türbülans bölgesi etrafında "ısı ve işin kesinlikle yapılabilecek olarak tanımlandıkları bir uzaklıkta" bir sınır yüzeyi çizeriz. Bu durumda, birinci yasa bize dönüşlü bir işlemde giren ısının çıkan işe eşit olduğunu söyler. Buna benzer bir durumla, fiziğin bütün alanlarında ve hatta bilimin bütün alanlarında karşılaşırız. Tüm "işlemsel tanımlar" belirli "pürüzsüz" veya "sadeleştirilmiş" koşullarla sınırlıdırlar. Bunların ötesine bir adım atılamaz. Fiziksel yasalarını bilmediğimiz bir deneyim alanında, işlemsel tanımlar pratikte inşa edilemezler.

Bridgman "işlemsel tanım" kavramını ortaya attığından beri bu fikre yöneltilen temel eleştirilerden biri, bir işlemsel tanımı, mesela uzunluğun işlemsel tanımını, aklımızda "uzunluk"a dair bir fikir olmadan oluşturamayacağımızdır. İşlemsel tanımların gerçekte nasıl inşa edildiklerini daha ayrıntılı incelemediğimiz sürece bu itirazın belirli bir geçerliliği vardır. Buna örnek olarak iki an arasındaki zamansal farktan başlayabiliriz. Mesela, bir saat sürmesi planlamış bir dersin başı ve sonu arasında geçen zamanı düşünelim. Bu saatin işlemsel tanımı, duvara sabitlenmiş saatin kollarının taradığı açının değeridir. Uzun kolun taradığı açı dört dik açıya (360°'ye) eşittir. Ancak bu gelişigüzel bir tanım değildir. Bütün diğer sınıflardaki saatlerin de, öğretmen ve öğrencilerin cep saatlerinin de aynı olduklarına emin olmamız gerekir. Saatleri hareket ettirenin ağırlıklar mı yoksa esnek yaylar mı olduğu fark yaratmamalıdır. Bu bize bir saatin, kollarının taradığı açıyla verilen işlemsel tanımının, yalnızca farklı büyüklük ve modelleri olan tüm saatler zamanda tek ve aynı uzunluğu gösterdikleri zaman pratik bir değeri olduğunu gösterir. Fakat bunun gerçekleşebilmesinin tek yolu, yerçe-

kimi etkisi altındaki sarkacın salınımları ile esnekliğin etkisi altındaki zembereğin salınımlarını birbirlerine bağlayan fiziksel bir yasanın var olmasıdır. Bu, mekaniğin bir yasasıdır. Ayrıca mekanik saatlerin tümü, zamansal uzaklığın, ışığın veya elektromanyetik dalgaların yayılmasıyla ilgili yasaları çok sade bir şekilde kurmamızı sağlayan bir tanımını verirler. Dolayısıyla, ışığın uzayda aldığı yol, zamandaki mesafenin işlemsel bir tanımı olarak da kullanılabilir. Zamanın bütün bu işlemsel tanımlarının kullanışlı olmasının dayanağı, zamanın eşit parçalarının, zamanın hangi işlemsel tanımı kullanılırsa kullanılsın eşit olmaya devam etmeleridir. Bu durumda, elimizde özgün bir zaman kavramı olduğunu ve bu zamanı ölçmek amacıyla işlemsel tanımlar icat ettiğimizi söylemek yanlış olacaktır. Aslında temel olgular, farklı işlemsel tanımlarla yapılan ölçümlerin özdeş sonuçlarıdır; bunlar zamanın bir parçasını belirli bir işlemsel tanımla değil, çok farklı türlerden işlemler içeren büyük bir tanımlar sınıfıyla düşünmemizi sağlarlar.

Ancak birçok filozof ve hatta bilim insanları, fiziksel işlemlerle yapılan tüm bu tanımların ötesinde doğrudan bir zaman hissi olduğunu ileri süreceklerdir; belirli bir zihinsel süreç aracılığıyla bir ders esnasında ne kadar zaman geçtiğini kestirebiliriz diye düşünürler. Bilincimizin öngördüğü bu zaman ile aynı derse zemberekli saatler, sarkaçlı saatler veya ışığın yayılmasıyla atfedilen sürenin öznel bir karşılaştırmasını yapabiliriz. Bazı yazarlar, doğrudan gözlem ile tanımlanmış bir zaman aralığının uzunluğunun bu aralığın "doğal" uzunluğu olduğunu söyleme eğilimindedirler; buna karşılık farklı yapılardaki saatlerin verdikleri işlemsel tanımları "yapay" bulurlar. Konu üzerine daha derinlemesine düşündüğümüzde ise, bir zaman aralığının "öznel zaman duyumumuz" ile yapılan tanımının, mümkün olan birkaç işlemsel tanımdan biri oldu-

ğunun farkına varmamız çok uzun sürmez. Bir insanı bir ölçüm aleti olarak düşünürsek, bu insanın zaman aralığına dair yaptığı tahmin ve bir saatlik bir dersin deneyimine verdiği tepki tam olarak mekanik bir saatten yapılan ibre okumasına karşılık gelir. Mekanik saatlerin farklı türleri olduğu gibi, öznel tahminlerin de farklı yöntemleri vardır. Bir dersin ne kadar sürdüğüne dair yapılan tahmin, dinleyicilerin ne derece sıkıldıklarına, fiziksel yorgunluğun, açlığın, susuzluğun derecesine veya arkadaşlara duyulan özleme dayandırılabilir. Mekanik saatlerin kullanışlı olmaları, öznel zaman yorumlarıyla uyumlu olmalarından kaynaklanır. Eğer mekanik bir saate göre bir saat süren bir ders öğrencileri ortalama aynı derecede yormuyorsa, bu saatlerin verdiği işlemsel tanımın pratikte bir değeri olmayacaktır. Zaman aralıklarının nesnel ve "öznel" tüm işlemsel tanımlarının anlamlı olmalarının şartı, bir tanıma göre eşit olan iki zaman aralığının, başka bir tanıma göre de yaklaşık olarak eşit olmasıdır. Bu özellikler, tabii ki belirli hareket yasalarından dolayı geçerlidirler. Sarkaçlı bir saat belirli sayıda salınım gerçekleştirirken, bir kaptan belirli bir miktar sıvı sızar, bir uçak veya bir ışık demeti belirli bir mesafeyi alır, vb. Fakat bu tanımların uygulanabilir olması aynı zamanda fizyoloji ve psikoloji yasalarına da dayanır. Zemberekli bir saatin kolları belirli bir açıyı tararken, insan kalbi belirli sayıda atış yapar ve bir dersteki dinleyiciler belirli derecede sıkılırlar. Bütün bu değerlendirmeleri göz önünde bulundurduğumuzda, "zaman aralığı"nın işlemsel tanımlarının, "zaman aralığının zihinsel bir kavramı"nın önceden var olduğunu varsaymadıklarını görürüz. Bunun yerine, zaman aralığının "zihinsel" kavramının da, fiziksel olan gibi bir "işlemsel tanım"dan ibaret olduğunu söyleriz. Birincisinin kullanılmasının tek sebebi, öznel tahminin verdiği tanımın bazı amaçlar için kullanışsız olmuş olmasıdır. Bir dersin ne kadar

sürmesi gerektiğinin kuralı olarak, dinleyicilerin belirli bir derece yorulması veya sıkılmasını, hatta dinleyici topluluğunun tüm üyelerinin aynı sayıda kalp atışı gerçekleştirmesini bile öne süremeyiz. Yorulma, sıkılma ve kalp atış sıklığının bağlı olduğu bütün değişkenleri biliyor ve bunların bazılarını "uzunluk"u tanımlarken sıcaklık ve basınca yaptığımız gibi sabit değerlerde tutabiliyor olsaydık, zamanın uzunluğunun bu kavramlarla tanımlanması mekanik saatlerle yapılan tanımlar kadar kullanışlı olurdu. Ciddiyetimizi biraz bozarak şöyle diyebiliriz: Konuşmacıların farklı dinleyici topluluklarının ilgisini çekme yeteneğini hesaplamamızı sağlayacak yasalarımız olsaydı, dinleyicilerde ortaya çıkan sıkıntının derecesini zamandaki mesafenin işlemsel bir tanımı olarak kullanabilirdik.

Tüm bunlardan açıkça görüldüğü gibi, doğal yasalara dair bilgimizdeki her değişimin, kullandığımız işlemsel tanımı da değiştirmesi gerekir. Mesela cisimlerin hareketle kısalmasının, uzunluğun "işlemsel tanımı"nda bir değişikliğe sebep olduğunu öğrendik; bu tanımın artık uzunluğu tanımlanacak olan cismin hızını da kapsaması gerekiyordu. Aynı şekilde, sıcaklığın sınıftaki dinleyiciler üzerinde nasıl bir hassasiyet yarattığına dair yeni bir bilgi, bir zaman aralığının bu aralıkta oluşan sıkılma derecesine göre yapılan işlemsel tanımında değişiklik olmasına sebep olur. Bütün bu değerlendirmelerden gördüğümüz kadarıyla, "işlemsel tanımlar"ın gelişimi fiziksel yasalara dair bilgimizle yakından ilişkilidir.

5. Sezgisel Tümevarım ve Numaralandırma ile Tümevarım

Günümüzün popüler bilim felsefesinde sıkça karşılaştığımız iddialardan biri, genel doğa yasalarını kurmanın "tümevarım" ve "sezgi" ile olan iki farklı yolu olduğu ve hatta bu yolların birbirleriyle bağdaşmadığıdır. Bunlardan birincisi, içinde

bazı olay dizilerinin kendilerini tekrar tekrar yinelediklerinin farkına vardığımız gözlemlenmiş bir olaylar serisini toplamaktır; buna örnek olarak günlük hayat deneyimimizde ışık ile karanlığın periyodik değişimi, bir cismin belirli bir hızla fırlatıldıktan sonra izlediği yol vb. verilebilir. Bu bağlamda "tümevarım yasası" ile kastedilen, çok sayıda tekrarda hiçbir istisna olmadan ya da çok az sayıda istisna ile ortaya çıkan serilerin istikrarı gözlemlendikten sonra, bu istikrarın çevreleyici koşullar değişmedikçe daima süreceği iddiasıdır. Gece ile gündüzün değişiminin hiçbir zaman son bulmayacağına ve belirli bir hızla fırlatılan cismin her zaman aynı yörüngeyi izleyeceğine inanırız. Burada gördüğümüz kadarıyla "tümevarım yasası", temelde "nedensellik yasası" ile yanı şeyi söylemektedir. Doğada düzenlilikler gözlemleyerek, "tümevarım" aracılığıyla doğa yasalarına ulaşırız. Genel yasaları anlaşılır ve kendinde apaçık ilkelerden türeten Aristotelesçi yolun tersine, genel yasalara ulaşmanın bu yöntemine çoğu zaman modern anlamdaki bilimsel, pozitivist yol denilmiştir.

Genel yasalara ulaşmanın ikinci yolu, bu yasaları "sezgi" veya "hayal etme", ya da belki sadece "tahmin etme" diyebileceğimiz şekilde bulmayı ve bu sezginin sonuçlarını, onları hakiki duyu gözlemleriyle karşılaştırarak sınamayı tercih eder. Daha önce öğrendiğimiz gibi (3. Kısım'da), Whewell bu yolu bilimin tarihinde yeni yasaların keşfi için fiilen kullanılan yol olarak görür. Bu işlem bizi ayrıca tekil olguların gözleminden genel yasaların ortaya konulmasına da götürür; çünkü belirli bir sayıdaki tekil olguların gözlemlenmesinden önce genel bir yasa üzerine tahminde bulunmak diye bir şey yoktur. Dolayısıyla bu işleme "indüktif" de denilir ve bunun iki türü arasında bir ayrım yapılır: Birincisi "numaralandırma ile tümevarım", yani çok sayıda olgu dizilerinin gözlemlenmesine dayanarak yasaların kurulmasıdır. İkincisi ise "sez-

gi" veya "hayal etme ile tümevarım", yani nispeten daha az sayıdaki gözleme dayanan "yeni kavramlar"ın kurulmasıyla yasaların keşfedilmesi ve yasanın çok büyük sayıda gözlemle desteklenmesidir.

Whewell'ın yolunu seçersek, modern bilimin bir şekilde antik bilimin yaptığına benzer şekilde ilerlediğini söyleriz (1. Kısım). Bilim, sayısı nispeten az olan hakiki gözlemlerden başlar ve "hayal etme" veya "tahmin etme" ile kendisinden bu gözlemlerin türetilebileceği basit bir yasa kurma yoluna gider. Bulunan yasa dikkat çekici derecede basit ise, bilim insanı bundan çok sayıda başka olgunun türetilebileceği konusunda kendine güvenir. Büyük sayıda gözlemin kaydedilmesi işinin bir yasanın keşfedilmesine fazla bir katkısı olmaz; fakat yasanın gerekçelendirilmesi ve desteklenmesi için zorunludur. Bilimsel bir yasa, görünüşte birbirlerine bağlı olmayan çok sayıda gözlemsel olguyu basit bir formülden türetmemize imkân tanıyorsa, bu yasayı kabul ederiz. Aslında belirli bir gözlem dizisinin tekrar tekrar ortaya çıkması olgusundan bilimsel bir yasa türetemeyiz. Burada yeniden nedensellik yasasındaki zorlukla karşı karşıya kalırız. Hiçbir gözlemsel olgu kendini tam olarak tekrar etmez; sadece gözlemin karmaşıklığındaki belirli bileşenlerin tekrarı vardır. Mesele her zaman şudur: Hangi bileşenlerin sık sık tekrarlanması daimi istikrar olduğu sonucuna varmamızı mümkün kılar? Bir cisim fırlatıldığında, başlangıçta bulunduğu yerin tekrarı izlediği yörüngenin de tekrarlanacağını çıkarmamıza izin vermez; fakat yer ve hız (sürat ve doğrultu) tekrarlandığında, yörüngenin tamamı tekrarlanacaktır. Bu durumların hepsinde, fiziksel bir yasayla çalışmamız gerekir. Gündüz ve geceler dizisinin, bu tekrarın daimi olduğu sonucuna varmamıza izin vermesinin tek sebebi, bu tekrarı fiziksel bir yasanın neticesi olarak düşünmemizdir; Dünya'nın kendi ekseni etrafındaki istikrarlı

dönüşünün. Birçok popüler kitapta ve başlangıç seviyesindeki derslerde, sık sık ortaya çıkan bir tekrardan daimi bir tekrar olduğu sonucunu çıkardığımız tümevarım türüne sadece "tümevarım" denilir. Reichenbach ise buna "numaralandırma ile tümevarım" adını verir. Böyle bir "numaralandırma" ile aslında hiçbir yeni yasa bulunamayacağını şiddetle vurgular. Şöyle der:[20]

> Bir kuram keşfeden bilim insanı, bu keşfine genellikle tahminlerinin rehberliğinde gider; kuramı bulmakta kullandığı herhangi bir yöntemin adını veremez, sadece keşfinin kendisine makul göründüğünü, doğru seziye sahip olduğunu veya hangi varsayımların olgulara uyacağını sezgisel olarak gördüğünü söyleyebilir.

Daha önceki argümanımızdan (2. ve 3. Kısımlardan) öğrenebileceğimiz gibi, John Stuart Mill yeni kuramların "numaralandırma ile tümevarım" yoluyla bulunabileceğini göstermeye çalıştı; ancak kuramların kaynağını ayrıntılı olarak çalışan Whewell bu girişime karşı eleştirel bir tavır takındı ve yeni kuramları, Reichenbach'ın sözleriyle, "tahminler, seziler ve sezgilere" atfetti. Mill[21] tümevarım işlemini aşağıdaki gibi cümlelerle tarif etti:

> *ABC* kombinasyonunun her ortaya çıkışının *abc* kombinasyonuyla takip edildiğini ve *ABD* kombinasyonunun da *abd* ile takip edildiğini gözlemleriz. Bu diziyi çok sık gözlemlememiz halinde *D*'nin *d*'nin "sebep"i ve *d*'nin *D*'nin "sonuç"u olduğu çıkarımını yaparız.

Ancak Whewell[22] "numaralandırma ile tümevarım" ya da aynı dizinin sık sık tekrarlanmasını şöyle yorumlar:

> Bu yöntemlerle ilgili göze çarpan bariz nokta, bunların bizim için keşfedilmesi en zor olanı, yani görüngülerin formüllere indirgenmesini sorgulamadan kabul etmeleridir.

Whewell örnek olarak bazı tekil fizik yasalarının keşfine yol açan "tümevarım"a gönderme yapar:

> Gezegenlerin yörüngelerine, düşen cisimlere, kırılan ışınlara, hareketlere, kimyasal çözümlemelere vs. dair olgulara bakacak olursak... *ABC* ve *a, b, c* için nereye bakacağız? Doğa bize durumları bu şekilde sunmaz.

Whewell, kuramlar keşfedildikten sonra dahi bilim tarihindeki *ABC* ve *abc* öğelerini işaret etmenin çok zor olacağına dikkatimizi çeker. "Bu formülleri bilimin tarihi boyunca, gerçekten geliştikleri şekilde kim taşıyacak?" diye sorar. Önde gelen astronomlardan John Herschel,[23] bilimsel keşiflerde her şeyden önemli olanın bir formülün bulunması olduğunu şiddetle vurgulamıştır; geniş bir gözlem alanını kapsayan basit bir formülün bulunması durumunda, bu formülden türetilebilen ve doğru olan çok büyük sayıda tekil olguyu sunmamızın, formülün geçerli olduğuna olan inanca pek bir katkısı olmaz. "Şüphe yok ki" der Herschel, "bu türden çıkarımlar bir hayli yol göstericidir; ancak fizikte karşılaştığımız zorluk bunları keşfetmektir; keşfedildikten sonra biçimlerini anlamak değil."

Keşiflerin, çok büyük sayıda gözlemlenebilir olgunun gözlemlenmesiyle gerçekleştiğine olan inanç genellikle "pozitivizm"in ya da bilime olan "pozitivist" yaklaşımın ayırt edici özelliği olarak bilinir. Bana kalırsa bu fikir, pozitivizmin ve pozitivist bilim felsefesinin çok yüzeysel bir şekilde çalışılmasına dayanır. "Pozitivist" eğilimleri olan bilim insanlarının yüzyılın başındaki (1900) tavırlarını incelersek, bu dönemin en güçlü figürünün fizikçi Ernst Mach olduğunu görürüz. Mach'ın tümevarıma dair geliştirdiği görüşler Whewell'ın düşüncelerine çok benzerler. Mach şöyle yazar:[24]

Kişinin yeni kavramlar elde etmekte kullandığı ve genellikle yerinde olmayan bir şekilde tümevarım adını verdiği zihinsel işlem basit değil, aksine çok karmaşık bir işlemdir. Her şeyden önemlisi bu tür bir işlem, aracı ve yardımcı basamaklarda işe dahil edilebilir olsa da, mantıksal bir işlem değildir. Bizi yeni bilginin keşfine götüren başlıca çaba *soyutlama* ve *hayal gücünün* eseridir.

Yöntemin bu konuda fazla bir şey üretemediği gerçeği Whewell tarafında da vurgulanmıştı. Whewell'a çok yakın bir çizgi izleyen Mach'ın kitabında, yeni bilimsel yasaların keşfinde birleştirici ve sadeleştirici fikirlerin öncelikli rolü üzerinde önemle durulur. Mach şöyle der:

Kişi, şeylerin bütününe olan merakının rehberliğinde, dikkatini tekrar tekrar olguların ötesine, bu olguların doğrudan duyumlar mı oldukları, yoksa tasarımlar alanına mı ait olduklarına yönlendirir... Böylece kişi, ezkaza, belki şanslı bir anında, sadeleştirici ve doğurgan düşünceye ulaşabilir.

İsveçli filozof Alf Nyman, *Induction and Intuition* [Tümevarım ve Sezgi] adlı makalesinde, tümevarım ile sezgi arasındaki yakın bağdan bahseder.[25] Bu makalesinde Nyman, başka bir İsveçli filozof olan Hans Larsson'un[26] *Sezgi* adlı kitabında sunduğu fikirlerle Whewell, Herschel ve Mach gibi bilim insanlarının görüşlerini bir araya getirmeye çalışır.

Yeni kuramların keşfinde "numaralandırma ile tümevarım"ın öncelikli bir önemi olmasa da, dizilerin yeniden ortaya çıkmasına dayanan bu yöntemin bilimde hiçbir öneminin olmadığını söylemek yanlış olacaktır. "Tahmin yoluyla kuramını keşfeden bilim insanı" der Reichenbach,[27] "ancak olguların tahminini desteklediğini gördükten sonra kuramını başkalarına sunar." Reichenbach, tahminlerin bu şekilde meşrulaşması için kullanılan yöntemin, dizilerin yeniden ortaya çıkmasına dayandığını göstermek için büyük çaba sarf etti. Bir kuram bu tür bir tekrarı öngörecek olursa, bu kuramın kabulü, bu

tekrarların çok büyük sayısının gerçekten gözlemlenmesiyle meşruiyet kazanır. Türetilen tekrarların gerçek gözlemi ne kadar çok olursa, kuramın geçerliliği de o kadar olası olur. Hans Reichenbach, bir kuramın olasılığını, türetilen olguların gözlemlenen tekrarlarına dayanarak hesaplamak için belki de herkesten fazla uğraşmıştır. Reichenbach, *bulma bağlamı* ile *doğrulama bağlamını* açık bir şekilde birbirlerinden ayırır. Bunlardan birincisinde tümevarım, yeni kavramlar tahmin ederek ilerler; ikincisindeyse yinelenen olguları gözlemleyerek çalışır. Bu işlemlerden birincisi bir şema veya yönteme göre yürütülemezken, ikincisi "indüktif çıkarım" yöntemini uygular. Gezegenlerin küre üzerinde gözlemlenen konumlarından başlayarak, Newton'ın hareket yasalarını "sezgi" veya "tahmin" ile bulabiliriz. Bununla birlikte, Newton'ın yasalarını biliyorsak, bu bilinen yasaların gözlemlenen olgularca ne derece desteklendiğini ve akla yatkın hale getirildiğini sorabiliriz. Bunun için yasalardan türetilebilen ve deneyle sınanabilen mümkün olduğunca çok sayıda olguyu numaralandırmamız gerekir. Olumlu sonuç veren gözlemlerin sayısı ne kadar çok olursa, bu türetilen olgular kuramımızı o kadar "olası" hale getirirler. Bu nedenle, "indüktif çıkarım" üzerine çalışmak olasılık kuramının işidir. Tümdengelim ile tümevarım arasında yakın bir analoji olduğuna inanmak doğru olmaz: Olgular, kuramdan basitçe tümdengelim ile türetilirler; fakat kuram olgulardan basitçe tümevarım ile çıkarılamaz. Reichenbach, "Gözlemlenebilir olgular, bir kuramı olası hale getirebilir ama ona hiçbir zaman mutlak bir kesinlik kazandırmayacaktır," der. Bilinen bir kuramın geçerli olmasına bağlı olan sonuçlar, dedüktif mantığın izlediği yollarla kesin olarak türetilebilirken, yeni kuramlar, uzun bir olaylar serisinde belirli bir olay belirli bir sıklıkta tekrar tekrar ortaya çıkıyorsa (örn. atılan bir zardaki 1 sayısı), aynı sıklığın gelecekte de devam edeceği-

ni öne süren "tümevarım ilkesi"ne dayanırlar. Bu, indüktif çıkarımla yapılan en basit öngörü türüdür ve daha önce de belirttiğimiz gibi, "numaralandırma ile tümevarım" adını alır. Bu durumda doğal olarak akla her indüktif çıkarımın "numaralandırma ile tümevarım"a indirgenip indirgenemeyeceği sorusu gelir. Mill, bunun kesinlikle böyle olduğunu düşünüyordu. Reichenbach da, her türlü indüktif çıkarımın numaralandırma ile tümevarıma indirgenebileceğini ve hatta böyle bir indirgemenin mümkün olduğunun ispat edilebileceğini açıkça söyler. Bu iddianın bariz bir geçerliliği yoktur; çünkü numaralandırmaya dayanan indüktif çıkarımın bizi yanlış sonuçlara götüren tekil örneklerini kolaylıkla gösterebiliriz. Mesela Avrupalılar yüzyıllar boyunca sadece beyaz kuğulardan haberdardı ve "bütün kuğular beyazdır" diye bir indüktif çıkarım yapmaları çok doğaldı. Öte yandan, günün birinde Avustralya'da siyah kuğular bulundu; yani indüktif çıkarım yanlış sonuç vermişti. Öyleyse tümevarım ilkesinin yanlış olduğunu mu söylemeliyiz, yoksa her durumda uygulanamayacağını mı? Reichenbach, indüktif çıkarım ilkesinin doğru olmayan ve aşırı basitleştirilmiş bir şekilde uygulandığını ve bu ilkenin aslında geçerli olduğunu göstermeye koyulur. Şöyle yazar:

> Kuş türlerinin fertlerinin çok geniş bir renk çeşitliliği sergiledikleri bir gerçektir; bu yüzden mantıkçının bu çıkarıma karşı çıkarak, kuş türlerinin fertleri arasında renk çeşitliliği varsa, kuğular arasında da böyle bir çeşitlilik olabileceği argümanını ileri sürmesi gerekirdi.

Bu durumda, numaralandırma ile indüktif çıkarım şöyle olurdu: Belirli bir türün fertlerinin farklı renklerde olduklarını tekrar tekrar gözlemleriz ve bunun bütün türler için geçerli olması gerektiği çıkarımını yaparız. Verdiğimiz örnek, bir tümevarımın yerini başka bir tümevarımın alabileceğini göste-

rir. Aslında, bütün indüktif çıkarımlar yalıtılmış halde değil, birçok tümevarımın oluşturduğu bir ağ içinde yapılırlar.

Numaralandırma ile yapılan tümevarıma indirgenebilir olma iddiası, bizi çok basit türden indüktif çıkarımların nasıl kurulabileceğine dair çok basit bir hipoteze götürür. Ancak bizi gezegenlerin gözlemlenmesinden Newton'ın hareket yasalarına götürecek olan "indüktif çıkarımların yöntemi"ni gerçekten bilmeye hâlâ çok uzak oluruz.[28]

14. BÖLÜM

KURAMLARIN GEÇERLİLİK KAZANMASI

1. Tümevarım ve İstatistiksel Olasılık

Şimdi Reichenbach gibi konuşalım ve şu soruyu soralım: Verilen bir kuramdan çıkarılan sonuçları gözlemlerle sınayarak, bu kuramın, ya da daha açık konuşmak gerekirse, bu kuramın geçerliliğinin "olasılığını" nasıl bulabiliriz? Bu olasılığın hesaplanmasında veya en azından yaklaşık olarak hesaplanmasında kullanılan yöntem "indüktif çıkarım"dır. Ancak her zaman hatırlamamız gerekir ki, bir değeri olan bilimsel söylemlerin tümünde yalnızca "işlemsel anlamı" olan kavramlar kullanılmalıdır (13. Bölüm, 4. Kısım). Bu sebeple, "olasılık" ve "indüktif çıkarım" terimlerini bilimsel dilde kullanmadan önce bu ifadelerin işlemsel anlamlarını kesinleştirmemiz gerekir.

Şans oyunlarını matematiksel açıdan ele almak amacıyla geliştirilmiş olan olasılık hesabında "bir olayın olasılığı", bu olayın, verilen uzun bir olaylar serisinin elemanı olarak düşünülürse sahip olacağı "göreceli frekans" olarak tanımlanır. Zar atma oyunundaki uzunca bir atış serisini, mesela n tane atışı düşünecek olursak, atışın sonucunun 1 olması olayının olasılığını sorabiliriz. Bu olay n tane atışta m kere gerçekleşir-

se, bu olayın göreceli frekansı m/n olur. Eğer n artarsa, olasılık bir p değerine yaklaşır ve bu değere olayın "olasılığı" adı verilir. Zar atmadaki olasılık tabii ki 1/6'dır ($p = 1/6$). Söz konusu olayı, frekansı bir limite doğru giden bir serinin elemanı olarak düşünmedikçe hiçbir olasılığın tanımlanamayacağı açıktır. Böyle bir seriye von Mises "kolektif" adını vermiştir. "X Bey'in önümüzdeki yıl ölme olasılığı küçüktür" önermesini ele alacak olursak, bu önerme yalnızca X Bey'in ölümünü verilen bir kolektifin elemanı olarak düşünürsek işlemsel bir anlama sahip olur; buradaki olasılığın değeri seçtiğimiz kolektife bağlıdır. X Bey'i dünyadaki tüm erkeklerin oluşturduğu kolektifin elemanı olarak düşünürsek, X Bey'in ölümü, onu Birleşik Devletler'in sakinlerinden biri olarak düşündüğümüzde olacağından çok daha olasıdır; fakat bu seçeneklerin ikisi de aynı derece meşrudur.

Bu durumda akla, "Newton'ın kuramının belirli bir olasılığı vardır" cümlesindeki "olasılık" terimiyle, "bir zarı atınca gelen sayının 1 olmasının olasılığı 1/6'dır" cümlesindeki "olasılık" teriminin işlemsel tanımlarının aynı olup olmadığı sorusu gelir. Reichenbach, açık bir şekilde, "belirli bir kuramın geçerliliğinin belirli bir olasılığı vardır" ifadesinde ve "bir zarı atınca gelen sayının 1 olmasının olasılığı 1/6'dır" cümlesinde, "olasılık" kelimenin tam olarak aynı anlama sahip olduğunu ileri sürer. Bu durumda Reichenbach'a göre, bütün bilimsel kuramların geçerliliklerine, bu kuramların deneylerden gelen desteklenmelerini temel alıp olasılık hesabının yöntemleri kullanılarak hesaplanan sayısal bir değer atfedilebilir. Reichenbach,[1] bir kuramın olasılığının hesaplanmasının, aslında iki farklı işlemsel tanıma karşılık gelen iki yöntemini sunar. "Olasılığın birinci türü" adını verdiği ilk yöntemde temel kolektif olarak, kuramdan mantıksal olarak türetilebilen bütün gözlemlenebilir olguların topluluğunu

dikkate almayı tavsiye eder: Bu olguların sayısı n olabilir. Hakiki gözlem veya deney ile desteklenen olgular seçilip ayrılabilir: Bunların da sayısı m olsun. Bu durumda $p = m / n$ oranı, kuramın desteklenen sonuçlarının göreceli frekansı olur ve nasıl $p = 1 / 6$ bir zar atılınca sonucun 1 olmasının olasılığı oluyorsa, aynı şekilde $p = m / n$'nin de kuramın "olasılığı" olarak dikkate alınması gerekir. Reichenbach'ın "olasılığın ikinci türü" dediği tanımdaki temel kolektif ise, hesabı bir kuramlar topluluğuyla verilmiş olan gözlemlenebilir olguların belirli bir alanının topluluğudur (örn. maddi cisimlerin hareketleri). n ile bu alanda gerçekten gözlemlenmiş olan bütün olguların sayısını gösteririz. Tekil bir kuram (örn. Newton'ın hareket yasaları), bu n tane olgunun içinden m tanesinin türetilmesine imkân tanır. Ve buna dayanarak $p = m / n$ kesrini Newton'ın hareket kuramının olasılığı olarak tanımlarız.

Bir kuramın veya hipotezin olasılığı için Reichenbach'ın verdiği bu tanımın "doğru bir tanım" olup olmadığını sorarsak, cevap bu tanımın hangi amaca hizmet ettiğine bağlı olur. Konuya bilimsel açıdan baktığımızda, tanımladığı terim bilimsel yasaların oluşturulmasında kullanışlı ise, bu "doğru" bir tanımdır (*bkz.* 13. Bölüm, 4. Kısım). Daha önce de öğrendiğimiz gibi, işlemsel bir tanımın kullanışlı olmasının koşulu, belirli bir değişkene bir ve aynı değeri atfeden birden fazla "işlem" olmasıdır; mesela, zamansal bir mesafe hem sarkaçlı bir saatle hem de zemberekli bir saatle tanımlanabilir. Bu durumda "bir kuramın olasılığı" terimi Reichenbach'ın tarif ettiği işlemlerle tanımlanıyorsa, bu şekilde elde edilen p değeri bize aynı zamanda, bilim insanının bu kuramı kabul etme ve bunun "geçerli bir kuram" olduğunu söylemeye ne kadar gönüllü olduğuyla ilgili bir şeyler de söylemelidir. Olasılık kuramının mantıksal temellerinin sağlanmasına yardımcı olan Richard von Mises,[2] Reichenbach'ın ele aldığı "p

olasılığı" ile bilim insanının bu kuramı kabul etmekteki gönüllülüğü arasında bir bağlantı olduğuna kesin olarak karşı çıktı. *Positivism* [Pozitivizm] adlı kitabında von Mises, "Çok net olmayan veya günlük konuşmalarda dahi," diye yazar, "fizikçiler, bir kuramın daha büyük veya daha küçük olasılığı olması ifadesini nerdeyse hiç kullanmazlar." Aslında, bilim insanlarının belirli bir kuramı kabul etme sebeplerinin, bu kuramın "olasılığı" ile çok az bir bağlantıları vardır. Reichenbach'ın yönteminin abartılı bir örneğini kullanarak, bir kuramın dikkate aldığı alandaki tüm gözlemlenebilir olguların doğrudan numaralandırılmasından meydana geldiğini varsayabiliriz. Eğer bütün bu olgular gerçekten "gözlemlenirse", Reichenbach'a göre bu kuramın olasılığının %100 olduğu veya $p = 1$ sonucuna varabiliriz. Oysaki bilim insanı bu numaralandırmayı kabul edilir bir kuram olarak görmeyecektir; hatta kuram olarak görmeyecektir. Bilim insanının kabul etmeyi isteyeceği kuramların sadeleştirici ve bütünleştirici bir karakterleri vardır; bu kuramlar çok büyük sayıda olgunun hesabının hipotezler veya belitler olarak kullanılan az sayıda cümleyle verilmesini sağlarlar. Kuramların olasılıklarıyla ilgili, von Mises şöyle der:

> Fizikçinin, kullanışlı olmayı, bir kuramın kabul edilme veya reddedilme potansiyelini değerlendirmek için, yukarıdakilerden bir hayli farklı olan, mesela düşünce ekonomisi açısından değerlendirme gibi çeşitli ölçütleri vardır.

Bazı yazarlar, kuramların "gözlemlenebilir deliller ışığındaki olasılıklarına" göre değerlendirilmeleri "gerektiğini" söylemişlerdir. Bir kuramın kabul edilmesi için kullanılan bir ölçütün değerlendirilmesinin, ancak kuramın hizmet edeceği amacı belirtirsek bir anlamı olur; bunun üzerinde daha sonra duracağız (15. Bölüm, 2 ve 3. Kısımlar). Örnek olarak, "bir zar

atma sonucunda, 1 sayısı üste gelecektir" hipotezinin olasılığını ele alalım. Bunun olasılığını Reichenbach'ın yöntemine göre veya olasılık hesabına dayanan benzeri bir yöntemle hesaplarsak, sonuç olarak $p = 1/6$'yı elde ederiz. Bu demektir ki bu hipotezin geçerli olma olasılığı 1/6 veya yaklaşık %16'dır. Oysaki zar atmadaki deneyimlerimiz temel alınırsa, bilimin gerçekte kullandığı dile göre, her atışın sonucunun 1 olacağını öngören hipotezin basitçe yanlış olduğu söylenecektir. Başka bir örneği, von Mises'in yakın çalışma arkadaşı Hilda Geiringer[3] verir:

> Birinin "her üçgenin bir geniş açısı vardır" diye bir H hipotezi geliştirdiğini varsayalım. Bu iddiayı sınamak için yüz tane üçgeni rasgele seçtik ve açılarını ölçtük. Elde ettiğimiz sonuç, H'nin yetmiş örnekte doğru ve otuz örnekte yanlış olduğu olabilir. Bu durumda bilim insanı tabii ki H'nin "%70 olasılıkla geçerli olduğunu" söylemeyecek, "H yanlıştır" diyecektir.

Ancak, klasik olasılık hesabının uygulanmasına bir itiraz daha vardır. Üçgenler üzerinde yapılan ölçümlerin sonuçlarının, üçgenleri rasgele seçmekte hangi özel yolu kullandığımıza fazlasıyla bağlı oldukları açıktır. Bu yol, üçgenlerin dahil olduğu "kolektifi" belirler. Bir üçgen farklı şekillerde nitelendirilebilir: Bunlardan birincisi üç kenarın, yani a, b, c'nin uzunluklarını vermek olabilir; ikincisi ise bir a kenarını ve iki komşu açı olan β ve γ'yı vermek olabilir. Rasgele bir üçgenler serisi seçerken, bunu a, b ve c'nin tüm değerlerinin eşit frekansta olacaklarını varsayarak yapabiliriz. Fakat α, β ve γ'nın bütün değerlerinin eşit frekansta olacaklarını varsayarak da rasgele bir seri inşa edebiliriz. Bu durumda birbirinden farklı iki "kolektif" ile uğraşmak zorundayız. Bu iki kolektifte, geniş açıları olan üçgenlerin sayısının, üçgenlerin toplam sayısına oranı aynı olmayacaktır. Dolayısıyla "her üçgenin bir geniş açısı vardır" hipotezinin "olasılığı" kesin bir şekilde

tanımlanmaz; yani kolektifi tanımlamakta kullandığımız gelişigüzel yola göre değişir. Bu nedenle, her üçgenin bir geniş açısı vardır hipotezinin olasılığı klasik olasılık hesabı kullanılarak tanımlanamaz. Hilda Geiringer'e göre, bilim insanı şunu diyecektir: " 'B, A tarafından takip edilir' biçimindeki bir H hipotezi incelenir ve 100 örnekten 10 tanesinde hipotezin gözlemlerle aynı fikirde olmadığı ortaya çıkarsa, bu H hipotezi yanlıştır ve %90 olasılıkla geçerli olması söz konusu değildir."

2. İstatistiksel ve Mantıksal Olasılık

Rudolf Carnap,[4] "bir kuramın veya hipotezin olasılığının" geleneksel olasılık hesabına dayanmayan daha genel bir tanımını vermek içi çalıştı. Carnap, verili deneysel delil (*e*) dediği, duyu gözlemleri veya ölçümlerden meydana gelen bir malzemeyle işe başlar. Daha sonra, hayal gücümüzle veya tahmin yoluyla bir *h* hipotezi bulduğumuzu varsayar; bu *h* hipotezinden gözlemlere dair önermeler türetilir. Eğer *e* ve *h*'yi biliyorsak, şu soruyu sorabiliriz: *h*'nin geçerli olmasının, gözlemsel malzeme olan *e*'ye dayanarak olasılığı nedir? *h* hipotezi, deneysel delil *e*'yi temel alarak "tümevarım" ile bulunur veya "tahmin edilir". Carnap'ın hedefi, *h*'nin *e* tarafından ne derece "doğrulandığını" bulmak için matematiksel bir ölçüt kurmaktır (desteklenme derecesi). Bu derece, *h*'nin *e* deliline dayanarak doğrulanmasının "indüktif olasılığı" olarak, başka bir ifadeyle, bizi *e* delilinden *h* hipotezine götüren tümevarımın geçerli bir tümevarım olmasının olasılığı olarak da yorumlanır. "İndüktif olasılık" teriminin anlamı, olasılığın yaygın yorumlarında kullanılan, fizik ve genetiğin istatistiksel kuramlarında yer alan önermelerde görülen "istatistiksel olasılık" değildir. İstatistiksel olasılıktaki "olasılık", "göreceli frekans" anlamında kullanılır. Reichenbach ve von Mises'in

görüşlerini sunarken işaret ettiğimiz gibi, bilimsel hipotezlerin geçerliliğine "istatistiksel bir olasılık" atfetmek oldukça karmaşık ve yapay görünen bir iştir. Carnap, olasılık önermelerini göreceli frekanslara dair önermelere indirgeyebildiğimiz durumlar için "istatistiksel olasılık" teriminin, diğer durumlar içinse yeni bir terim olan "indüktif olasılık"ın kullanılmasını önerdi. Bu terminolojiye göre, "belirli bir *e* delili temel alındığında, bir *h* hipotezinin indüktif olasılığı yüksektir" önermesi, "*e* delili *h* hipotezini yüksek derecede destekler" demekle veya "desteklenme derecesi yüksektir" ile aynı anlama gelir. "İndüktif olasılık" veya "desteklenme derecesi" kavramları, Carnap'ın kullandığı haliyle, saf mantıksal kavramlardır. Bu nedenle "mantıksal olasılık" adını da alır. *h* hipotezinin *e* deliline dayanan indüktif olasılığıyla ilgili bir önermenin doğruluğu, *e* ve *h*'nin doğruluğuna bağlı değildir; tıpkı dedüktif mantıkta "*e* ise *h*"nin *h* ve *e*'nin doğruluğuna bağlı olmaması gibi.

Carnap,[5] birçok yönden dedüktif mantığa benzeyen bir "indüktif mantık" kurmaya çalışır. Bu benzerliğe dair verdiği bir örnek şöyledir: Dedüktif mantıkta gözleme dayanan *e* delili, "Bütün insanlar ölümlüdür; Sokrates bir insandır" olabilir. Bu delilden şöyle bir *h* sonucunu çıkarabiliriz: "Durum böyleyse, Sokrates ölümlüdür." Bu sonuç, gerçekten bütün insanların ölümlü olup olmadıklarını ve Sokrates'in gerçekten bir insan olup olmadığını bilmeden de çıkarılabilir. Tek bilmemiz gereken delilin mantıksal yapısı ve sonuç çıkarma (veya mantıksal gerektirme) yasalarıdır. Bu durumda, dedüktif mantığın temel bir cümlesi şöyle der: "*e*, *h*'yi gerektirir." Tümevarım mantığında buna benzer bir örnek, gözleme dayanan şöyle bir *e* delilinden başlayacaktır: "Chicago'da yaşayanların sayısı üç milyondur. Bunların iki milyonu siyah saçlıdır ve *b* Chicago'da yaşayan biridir." *e* deliline dayana-

rak *b*'nin saçının siyah olduğunu söyleyen bu *h* hipotezinin indüktif olasılığının 2/3 olduğu sonucuna, tümevarım mantığının kurallarını kullanarak varırız. Bu çıkarımın doğruluğu, Chicago'nun üç milyon nüfusu olduğunun doğru olup olmadığına, bunların iki milyonunun saçının gerçekten siyah olmasına veya *b*'nin Chicago'da yaşayan biri olmasının doğruluğuna dayanmaz. Aynı şekilde, "*e h*'yi gerektirir" önermesinin geçerliliği yalnızca mantıksal gerektirmenin kurallarına bağlıdır ve *e* delilinin doğru olmasına dayanmaz.

Carnap'ın genel tanımını formülleştirmenin belki de en kolay yolu, Chicago'da yaşayanlarla ilgili olan bu örnekten başlamaktır. Verilen *e* delili Chicago'da yaşayan bir insanlar kümesini (*b*) tanımlar. *h* hipotezi, siyah saçlı bir insanlar kümesini (*b*) tanımlar. Eldeki delile göre, bu iki kümenin (Chicago'da yaşayanların ve siyah saçlı insanların) ortak bir kümesi vardır ve bu ortak küme Chicago'da yaşayan *ve* siyah saçlı olan insanlarla tanımlanır. Eğer *s*, "*b* belirli bir (*pr*) özelliğine sahiptir" biçiminde bir önerme ise ve *m*(*b*) fonksiyonu *pr* özelliğine, yani *pr* özelliğine sahip tüm insanları içeren kümenin (*b*) "ölçüsü"ne pozitif bir sayı atfediyorsa: Bu durumda *m*(*e*) Chicago'da yaşayan tüm insanların kümesi, *m*(*h*) ise siyah saçlı tüm insanların kümesidir. *h.e* diye bir mantıksal birleşim, bir *b* insanının Chicago'da yaşadığını ve aynı zamanda da siyah saçlı olduğunu ortaya koyar. Buna göre *m*(*h.e*) Chicago'da yaşayan insanlardan siyah saçlı olanlarının tümünün kümesidir. Öyleyse, *e* deliline dayanarak $\frac{m(h.e)}{m(e)} = \frac{2}{3}$ olduğu açıktır ve Carnap'ın *h* hipotezinin indüktif olasılığı olan *i*'yi, *e* delilini temel alarak nasıl $i = \frac{m(e.h)}{m(e)}$ ile tanımladığını anlayabiliriz. *m*(*s*), tek bir *s* cümlesinin fonksiyonuyken, $i = \frac{m(s,r)}{m(s)}$ iki cümlenin, yani *e* delili ve *h* hipotezinin bir fonksiyonudur.

İncelediğimiz örnekte, *m*(*e*) basitçe Chicago'da yaşayanların sayısı veya siyah saçlı insanların sayısıdır. *m*(*e*), genel olarak *h* hipotezimizin hesabını vereceği gözlemlenen olguların tümünün ölçüsüdür. Nedensellik üzerine olan tartışmamızda öğrendiğimiz gibi (11. ve 12. Bölümler), fiziksel bir sistem üzerine yaptığımız gözlemlerin her bir sonucu, sistemin durum değişkenlerine belirli değerler atfederek tarif edilebilir, başka bir ifadeyle, sonuçlar "sistemin durumunu" tarif etmekle verilebilir. Bizim basit örneğimizdeki "durum", Chicago'da yaşayanların sayısıyla tarif edilmiş ve "mümkün" durumların "tümünün kümesi", Chicago'da yaşayanların sayısının bütün mümkün değerleriyle, yani tüm pozitif tam sayılarla tarif edilmişti. "Fiziksel bir sistemin mümkün durumlarının tümünün kümesi", durum değişkenlerinin mümkün değer sistemlerinin tümüyle tarif edilir. Bizim basit örneğimizdeki delilin "kümesi", pozitif tam sayıların belirli bir kümesiyken, bu küme genel bir fiziksel sistem için durum değişkenlerinin belirli bir kümesi olarak verilir. *e* delili, durum değişkenlerine hakiki gözlemlerin sonucu olarak atfedilmiş olan belirli değerler ile nitelendirilir. *h* hipotezi ise, bir ilkeler sisteminden mantıksal sonuçlar olarak türetilip durum değişkenlerine atfedilmiş olan belirli değerlerle nitelendirilir.

Bu genel düşünceleri, basit bir örnekle kolaylıkla anlayabiliriz. Eldeki delil, bir düzlem üzerindeki bir kütle noktasının yerlerinin gözlemlenmesinden meydana geliyor olabilir. Bu durumda basit bir gözlemin "kümesi" bir nokta çevresindeki küçük bir dairenin alanıdır, çünkü gözlemdeki hatalar sebebiyle, tek bir gözlemin hiçbir zaman geometrik bir nokta vermeyeceğini, bunun yerine bir nokta çevresindeki küçük bir alanı vereceğini her zaman göz önünde bulundurmamız gerekir. Eğer *N* sayıda gözlem yaparsak, *N* sayıda gözleme karşılık gelen alanların toplamı "*e* delilinin kümesi" olur. Bu

basit örnekte, "delilin ölçüsü" olan $m(e)$, N tane gözlemle elde edilen bütün dairesel alanların toplamıdır. Örneğin bunları bir gezegenin Güneş çevresinde hareketi sırasındaki konumları olarak düşünebiliriz. Bilindiği gibi, Kepler bu delile dayanarak, bütün bu konumların eliptik bir yörünge üzerinde yer aldıkları hipotezine ulaştı. Şimdi şöyle bir soru sorabiliriz: Hipotezin, N tane gözlemimizce sunulan e deliline dayanan olasılığı nedir? Delilin "ölçüsü"nün, N tane dairesel alanın toplamıyla verilmesi gibi, h hipotezinin ölçüsünü de, bu hipotezden türetilen konumların kümesi verir. Yine gözlemdeki hataları işe dahil edecek olursak, küme, iki eliptik eğri arasında kalan bir alandan meydana gelir. $m(h)$ ölçüsü, bu elipsler arasındaki alana eşittir. Gözlemsel delil olan e'ye karşılık gelen dairesel alanların, $m(h)$ içinde olan veya olmayan, ortak bir alanı olabilir. Bu ortak alanın her noktasında $h.e$ birleşimi geçerlidir. Dolayısıyla, $m(h.e)$, yani $h.e$'nin ölçüsü, toplam ortak alanı verir. Bu durumda, Kepler'in hipotezinin indüktif olasılığı, Carnap'a göre $i = \frac{m(e.h)}{m(e)}$'dir. Eğer N tane küçük dairesel alan, elipsler arasındaki alanın hepsini kaplayacak şekilde yerleşmişse, $m(e)$ ve $m(e.h)$ alanları aynıdır ve indüktif olasılık 1 değerine yaklaşır. Kepler hipotezinin olasılığı kesinliğe yaklaşır. Genel olarak, deneysel delil ile eliptik kemerin ortak alanı ne kadar büyük olursa, Kepler hipotezinin indüktif olasılığı da o kadar büyür.

Ancak Keplerci hipotez, indüktif olasılığın hesaplanmasının çok basit bir örneğinden ibarettir. Hipotezin formülleştirilmesinde kullanılan durum değişkenleri, deneysel delil için kullanılanlarla tam olarak aynıdırlar: Bir düzlemdeki kütle noktalarının koordinatları. Mesela Newton'ın hareket yasalarının (eylemsizlik yasası vs.) indüktif olasılığının ne olduğunu sorduğumuz zaman, önerme çok daha karmaşık bir hal

alır. Buradaki ana zorluk, Newton'ın yasalarının kendilerinden, maddi cisimler üzerine etki eden kuvvet sistemlerine ve cisimlerin yapısına dair (elastik, plastik, katı vs.) varsayımlar olmadan, bu cisimlerin konumlarının türetilemiyor olması gerçeğidir. Newtoncı yasaların indüktif olasılığını delile dayanarak hesaplamak kolay değildir; çünkü bu delil hem bu yasalara, hem de çok çeşitli yapısal etkilere bağlıdır. Dolayısıyla, durum değişkenlerinin sayısı çok büyük olacaktır. Nedensellik yasasının, yalnızca durum değişkenlerinin sayısı küçük olduğunda pratikte bir anlama sahip olduğunu daha önce (11. ve 12. Bölümlerde) öğrendik. Aynı şekilde, bir hipotezin belirli bir sistemdeki indüktif olasılığını tanımlayan yasanın da, eğer bu sistemdeki durum değişkenlerinin sayısı çok büyük olursa, herhangi bir pratik anlamı olmaz. Aslında Newton'ın yasaları gibi bir hipotez, hangi durumların işe dahil olduğuna dair herhangi bir şey söylemez ve $i = \frac{m(h.e)}{m(e)}$ formülünün hesaplanmasına imkân sağlamaz. Carnap şöyle yazar:

> Bilim, kendi karmaşıklıklarından dolayı pratikte indüktif mantığın uygulanmasını imkânsız kılan pek çok tümevarımı içerir. Mesela, indüktif mantığın Einstein'ın genel görelilik kuramına uygulanmasını bekleyemeyiz.

Ancak bu, indüktif mantığa yöneltilmiş çok da ciddi bir itiraz değildir. "Nedensellik" üzerinde durduğumuzda öğrendiğimize göre, bu yasa çok karmaşık durumlarda uygulanamaz. $i = \frac{m(e.h)}{m(e)}$'nin hesaplanmasının mümkün olduğu durumların, onları pratik durumlara yeterince yakın kılacak derecede karmaşık olup olmadıklarını ya da sadece pratik açıdan ilgisiz hallerin mi bu şekilde ele alınabileceklerini bulmak, bir "uygulamalı indüktif mantık" sorusudur.

Carnap'a göre, indüktif mantığın önermeleri saf mantıksal olduklarından, fiziksel olgulara dair hiçbir şey söylemezler veya başka bir ifadeyle, gözlemlerin sonucu olan önermeler değillerdir. Bunlar, Öklidyen veya gayri-Öklidyen geometrinin[6] formel sisteminin, işlemsel tanımlar (doğrular veya ışık ışınları gibi) eklenmeden önceki haliyle aynı türdendir. İndüktif olasılığa dair gözlemlerle denetlenebilecek önermeler kurabilmek için, "indüktif olasılık" teriminin işlemsel bir tanımına ihtiyaç vardır. "Doğru, boşluk içerisindeki bir ışık ışını" veya "bilenmiş bir bıçağın ağzı" anlamına gelir diyecek olursak, bu önerme ancak bir ışık ışınını veya bir bıçağın ağzını ürettiğimiz işlemleri ortaya koyarsak kesin bir anlama sahip olur. "İndüktif olasılık"ın işlemsel anlamından bahsedecek olursak, içinde "indüktif olasılık" terimi yer alan önermelerin hangi eylemlere yol açtıklarını ortaya koymamız gerekir. Carnap, "indüktif mantığın kendisinin indüktif olasılıkla ilgili önermeler kurabileceğini, ancak saf geometri, geometrik teoremlerin denizcilik amacıyla kullanılmalarına ne kadar kayıtsızsa, indüktif mantığın da, teoremlerinin pratikteki uygulanabilirliklerine o kadar kayıtsız olduğunu"[7] önemle vurgular. Açık konuşmak gerekirse, gerçekte çelik veya tahtadan yapılmış bir üçgene dair önermelerin tümü bu anlamda uygulamalı geometriye ait önermelerdir; daha genel bir terimle ifade edecek olursak, bunlar fiziksel geometriye ait önermelerdir. Geometri ve mekanik üzerine konuşurken[8] öğrendiğimiz gibi, işlemsel tanımların kendileri, daima semboller yerine günlük dile ait kelimeler olan terimleri içerirler. Fiziksel işlemler, esasında kahvaltı soframızı tarif etmek için ihtiyaç duyduğumuz sözcüklerden farklı olmayan bir kelime haznesiyle ifade edilirler. Bu nedenle, geometri veya mekaniği pratikte uygulama yolumuzu sunuşumuzun kendisi, geometri veya mekaniğin bir parçası değildir. "Geometri" veya

"mekanik" ya da "görelilik kuramı" adını verdiğimiz sistemler, hayatlarımızı daha sıkıntısız hale getirmek için kullandığımız araçlardır. Aslında bir çekiç, ölçüm çubuğu, uçak veya atom bombasının kullanışlı olmasıyla aynı türden bir kullanışlılıkları vardır. Carnap'a göre, aynı şey indüktif mantık sistemi için de geçerlidir; bu sistem sadece "indüktif olasılığın" sistem içerisindeki bir dedüktif sonuçlar zinciriyle elde edilen değerlerinin hesaplanmasına yer verir. Carnap şöyle yazar:[9]

> Uygulamanın analizi, psikolojik bir doğası olan belirli varsayımları ve kavramları da içerir (örn. tercih ve değer vermenin ölçülmesiyle ilgili). Buradaki mesele ve zorluklar, ampirik bilimin özel bir dalının, yani insan davranışına dair kuramın bir parçası olan değer verme psikolojisinin metodolojisine aittir ve dolayısıyla indüktif mantığın zorlukları olarak görülmemelidir.

Carnap'a göre, kuramın "saf mantık" ile yani olasılığın $i = \frac{m(e.h)}{m(e)}$ formülü aracılığıyla hesaplanmasının kurallarıyla sınırlandırılması halinde, indüktif mantık insanların verdikleri kararlarda yol gösterici olamaz. Bunun için, kuramı belirli bir durumda nasıl davranılması gerektiğine dair danışılabilecek bir sistem haline getirmenin zorunlu koşulu olan, belirgin eylem kurallarını kurama eklememiz gerekir. Carnap'ın formülleştirdiği ilk kural şöyle der: "*e* deliline dayanarak, büyük bir *i* (indüktif olasılık) değerine sahip olan olayların gerçekleşeceklerini varsayın ve bu olayların kesin olduklarını biliyormuş gibi hareket edin." Öyleyse, bize indüktif olasılıkların nasıl hesaplanacaklarını anlatan kurallara, "eylem kuralları" ekleyecek olursak, verilen bir durumda nasıl davranacağımızı bize öğreten bir kuram elde ederiz.

Bu eylem kurallarını, "indüktif olasılık"tan başlamak yerine, "olasılık hesabı" ve bu hesabın bilimdeki kullanımının alışılmış anlatımındaki "istatistiksel olasılık"tan başlayarak

elde ettiğimiz kuram ile karşılaştırmak öğretici olacaktır. Daha önce belirttiğimiz gibi, "istatistiksel olasılığın" tanımı, her bir olayın, *örneğin* sıradan bir zar atılınca gelen sayıların serisinde 1'in bulunması olayının, belirli bir "göreceli frekansa" sahip olduğu sonsuz sayıdaki rasgele serilerden yola çıkar. Bu durumda "göreceli frekansa", bu olayın "istatistiksel olasılığı" denir. Elimizdeki durumda, 1'in olasılığı tabii ki p = 1/6'dır. Von Mises, kendisinin verdiği tanımdan geleneksel olasılık hesabının tüm kurallarını türetebileceğimizi göstermiştir.[10] Bu kurallar aracılığıyla, verilen bir kolektiften başka kolektifleri türetebilir ve her bir serideki olayların göreceli frekanslarını hesaplayabiliriz. "Tekil olayların olasılığı" ile ilgili hiçbir şeyin türetilemeyeceği açıktır. Tekil bir atışın sonucunun 1 olmasının "olası" olup olmadığını sormak anlamsız bir işlemdir. Bu yöntemi kullanarak belirli bir durumda nasıl karar vereceğimize dair tavsiye üretmek istiyorsak, "indüktif mantık"ta yaptığımız gibi, "karar verme kuralları" ile çalışmamız gerekir. Mesela, bir dizi içerisinde çok büyük olasılığa sahip olan olayların, tekil durumlarda hemen hemen kesin olduklarını bir kural olarak kabul etmemiz gerekir. İlk bakışta, "indüktif" ve "istatistiksel olasılık" kavramları, temelde birbirlerinden farklı gibi görünürler. Carnap şöyle yazar:[11]

> İstatistiksel olasılığın temel bir önermesi, olgusal ve deneyseldir; doğanın olgularına dair bir şey söyler ve deneysel bir prosedüre dayanması gerekir.

Belirli bir olaya belirli bir değer (örn. p = 1/6) atfeden bu önermelerden, olasılığın matematiksel kuramının teoremlerini ayırmamız gerekir. Carnap, "Bunlar, istatistiksel olasılığın değerleri arasındaki bağlantılarla ilgili bir şey söylerler," diye yazar. Diğer taraftan, şöyle de der:

> İndüktif olasılığın temel bir önermesi, mesela verilen iki argümana (*e* ve *h*) indüktif olasılığın değeri olarak belirli bir sayı (*i*) atfeden bir önerme, ya mantıksal olarak doğrudur ya da mantıksal olarak yanlıştır... Olguların olumsallığından bağımsızdır, çünkü iki argümanın (*e* ve *h*) genelde olgulara gönderme yapıyor olmasına rağmen, bu önerme olgulara dair herhangi bir şey söylemez.[12]

Ancak iki olasılık anlayışını da aynı elle tutulur durum üzerine uygulayacak olursak, iki anlayışın birbirleriyle yakından ilgili olduklarını çabucak fark ederiz; hatta bazen bunları birbirinden ayırt etmek zordur. Şu basit önermeden başlayabiliriz: "Bu zarla 1 atmanın olasılığı 1/6'dır." Bu önerme genellikle istatistiksel olasılığın tipik bir önermesi olarak yorumlanmıştır. Uzun bir atış dizisinde 1'in göreceli frekansının 1/6 olacağını söyler. Diğer yandan Carnap, bu önermenin indüktif olasılıkla ilgili bir önerme olarak da yorumlanabileceğine dikkat çekmiştir. Bu amaçla, göreceli frekansa dair olan önermeyi delil olarak kabul eder ve bir *h* hipotezinin, *e* delilini temel alan indüktif olasılığını ararız. Elimizdeki *e* delili, 1'in göreceli frekansının 1/6 olduğudur. Bundan sonra, zarı bir sonraki atışımızın sonucunun 1 olacağını söyleyen *h* hipotezini inceleriz ve şunu sorarız: Bu hipotezin *e* deliline dayanan indüktif olasılığı nedir? İndüktif olasılığın tanımından ($i = \frac{m(e.h)}{m(e)}$), bu örnekte $i = 1/6$ olduğu sonucunu çıkarırız; kelimelerle ifade edersek, bir sonraki atışın sonucunun 1 olmasının indüktif olasılığı 1/6'dır. Tekil bir olaya (bir sonraki atış), sayısal bir olasılık değeri veririz. Eğer "olasılığı" "indüktif olasılık" ile bir tutarsak, tekil bir atışa 1/6 olasılığını atfetmek anlamsız olacaktır. Diğer yandan, bu tekil olaya indüktif olasılığın sayısal bir değerini verecek olursak, önermenin deneyle sınanabileceğini ortaya koymuş olmayız.

"İndüktif olasılığın" bir önermesi, gözlemlenebilir bir olguyla ilgili bir önerme değildir; verilen önermeler arasındaki mantıksal ilişki ile ilgilidir. Bizim örneğimizde, 1'in gözlemlenmiş göreceli frekansına dayanarak, tekil bir atışın olasılığı olan $i = 1/6$'yı hesapladığımız söylenir. Carnap şöyle yazar:

> İndüktif olasılık kavramı, *h* hipotezinin tekil bir olaya dair bir öngörü olduğu durumlarda da uygulanır; örn. yarın yağmur yağacağı veya bu zarın bir sonraki atışta 1 sonucunu vereceği öngörüsü gibi.[13]

"Belirli bir atış için 1 sonucunun gelmesinin indüktif olasılığı 1/6'dır" önermesini olumlar ve Carnap'ın karar verme kurallarını kabul edecek olursak, uzun bir atış dizisindeki "istatistiksel olasılığın" 1/6 olduğunu bildiğimiz zaman yaptığımızla tamamen aynı şekilde hareket etmemiz gerekir. İşlemsel tanımlar veya başka bir ifadeyle karar verme kuralları kullanılmadığı sürece, doğrudan bir eylem kuralını, ne tekil bir olayın "indüktif olasılığı" ile ilgili bir önerme, ne de uzun bir seriye dair bir "istatistiksel olasılık" önermesi verebilir.

Aşağı yukarı 1920'lerden bu yana, bilim insanları ile filozoflar arasında, doğru "olasılık kuramı" ile ilgili bir fikir ayrılığı olagelmiştir. 1919'da yazdığı önemli bir makalesinde[14] Richard von Mises, olasılık hesabının tamamının türetilebileceği bir ilkeler kümesi sundu. Von Mises'in sisteminde olasılık "istatistiksel olasılık" olarak tanımlanmıştı ve yazar bunun ampirik veya pozitivist bilim anlayışıyla bağdaşan tek olasılık anlayışı olduğunu şiddetle savunuyordu. O dönemde Carnap, bilim ve felsefede deneycilik ve pozitivizm dediğimiz şeyin en güçlü savunucularından biri olarak görüldüğünden, istatistiksel ve deneyci olasılık anlayışının yanında, ikinci bir olasılık anlayışını savunduğu için ciddi bir tutarsızlığa düşmekle suçlanmıştır. Carnap'ın anladığı haliyle deney-

ciliğin ve hatta mantıksal deneyciliğin asıl ilkesi, şüphesiz, doğrulanabilirlik veya desteklenebilirlik ilkesidir. Olasılığın istatistiksel anlayışının sıkı taraftarları, belirli bir olayın belirli bir olasılıkla gerçekleşeceğini ileri süren hiçbir önermenin doğrulanamayacağını söyleyeceklerdir. Dolayısıyla, böyle bir önerme mantıksal deneyciliğin öğretilerine göre anlamsızdır. Deneycilerin ve pozitivistlerin itirazlarını değerlendirirken Carnap şöyle yazar:

> Mesela şöyle diyebilirler: "Eldeki meteorolojik gözlem delillerine dayanarak, yarın yağmur yağmasının olasılığının 1/5 olduğunu belirten önerme nasıl doğrulanabilir?" Yarın, yağmur yağdığını veya yağmur yağmadığını gözlemleyebiliriz ama 1/5 değerini doğrulayabilecek herhangi bir şey gözlemleyemeyiz.
>
> Ancak bu itiraz indüktif olasılığın önermelerinin doğasına dair yanlış bir anlayışı temel almıştır. Bu önerme 1/5 değerini, yarının yağmurunun indüktif olasılığına değil, yağmur öngörüsü ile meteorolojik rapor arasındaki belirli bir mantıksal ilişkiye atfeder.[15]

Carnap, böyle bir önermenin saf mantıksal bir önerme olduğunu ve dolayısıyla yarının havasının gözlemlenmesine dayanan herhangi bir doğrulamaya ihtiyaç duymadığını vurgular. Carnap bu durumu, dedüktif mantıkla karşılaştırma yaparak açıklığa kavuşturmaya çalışır. "Yarın yağmur yağacak" diyen *h* cümlesi ile "yarın yağmur ve rüzgar olacak" diyen *j* cümlesinden başlar. Sonra da "*h*'nin, *j*'nin mantıksal bir sonucu" olduğunun, dedüktif mantıkla kesin olarak çıkarılabileceğini söyler. Bu durumda, en katı mantıksal deneyci dahi, önermenin yağmurun gözlemlenmesiyle doğrulanmasını talep etmeyecektir. Carnap'a göre:

> "*h*'nin *e* deliline dayanan indüktif olasılığı 1/5'tir" önermesi, önceki önermeyle aynı genel karaktere sahiptir... İkisi arasındaki

fark sadece şudur: Birincisi ortaya tamamen mantıksal bir gerektirme koyarken, ikincisi yalnızca kısmi bir mantıksal gerektirme belirtir.[16]

Von Mises, "istatistiksel olasılığın" kendine özgü kullanımını savunurken, Keynes[17] ve Jeffreys,[18] bazı açılardan Carnap'ın "indüktif olasılığına" yakın olan mantıksal bir olasılık anlayışını tavsiye ettiler.

3. Hangi Olasılık Kuramı Geçerli?

Richard von Mises ve Hans Reichenbach, olasılık hesabının ve hatta olasılığa dair herhangi bir söylemin tatmin edici tek bilimsel dayanağının, olasılığın "göreceli frekans" olarak tanımlanması olduğunu şiddetle savundular. Çok sayıda bilim insanı ve filozof bu görüşe katıldı ve "frekansçılar" haline geldi. Diğer taraftan, birçok yazar da J. M. Keynes, H. Jeffreys ve "mantıksal olasılığın" diğer taraftarları ile hemfikir olduklarını belirtti. Burada sormamız gereken soru, "olasılığın frekans kuramı" veya "olasılığın mantıksal kuramı"nın doğru olduğunun savunulmasının aslında ne anlama geldiğidir. Işığın dalga kuramının geçerli olduğunu söylediğimiz şekilde "frekans kuramının" geçerli bir teori olduğunu savunmak anlamlı mıdır?

Von Mises ve Carnap, ortakgörünün "olasılığı" kavrayışının bulanık olduğuna ve "olasılığı" bilimsel söylemde kullanabilmek için bu kavrayış içerisinden açıkça tanımlanmış kavramlar çıkararak konuyu berrak hale getirmek zorunda olduğumuza katılacaklardır. Von Mises,[19] açık ve kesin bir şekilde tanımlanabilecek ve bilimde gerçekten kullanılabilecek tek kavramın kendisinin "göreceli frekans" veya "istatistiksel olasılık" kavramı olduğunu düşünüyordu; Keynes gibi başka yazarlar ise farklı bir yol izlemiş ve bir "mantıksal olasılık" kavramı üretmişlerdi. Rudolf Carnap[20] bir tür orta yol tavsiye

etti ve iki tane son ürün veren bir işlemin kullanılmasını önerdi: Bu ürünler "istatistiksel olasılık" ve "indüktif olasılık"tı. Konuya bilimsel bir bakış açısıyla yaklaşacak olursak, bu kavramlara dair bir yargıya varmanın tek yolu, bilimsel teorilerin geçerliliğinin ölçütlerini incelemektir. Olasılık kavramının yer aldığı bilimsel kuramları incelemeli ve bu kavramlardan hangisinin daha kullanışlı olduğunu bulmalıyız. Mesela, gazların veya elektronların kinetik kuramı gibi teorileri ya da istatistiksel fiziğin başka herhangi bir kuramını inceleyebiliriz.

Tekrar tekrar belirttiğimiz gibi, ne Carnap'ın "indüktif olasılık" tanımı ne de von Mises'in "istatistiksel olasılığı", soyut tanımlara "eylem kuralları" veya "işlemsel tanımlar" eklenmediği sürece, tekil, gözlemlenebilir görüngülere dair herhangi bir önerme vermezler. Ancak bu kurallar eklenirse, iki olasılık kavramı da eylemlere dair bir ve aynı önermeyi verirler. Örneğin gazların kinetik kuramını ele aldığımızda, gözlemlenebilir sonuçlar, kuramı ortaya koyarken hangi olasılık kavrayışını dikkate aldığımızdan bağımsız olur. Öyleyse Carnap, neden olasılığın frekans kuramının kullanılmasından memnun değildir; neden indüktif ve mantıksal olasılığın da bilimin sunulmasında kullanılması gerektiğini düşünür? Carnap, bilimsel kavramların, ortakgörü kavramlarına mümkün olduğu kadar yakın olmaları gerektiğini tekrar tekrar vurgulamıştır. Günlük dilde olasılıktan bahsettiğimiz zaman, yarın yağmur yağmasının veya bu yıl bir savaş çıkmasının olasılığından söz etmeye alışkınızdır. Olasılığın frekans anlayışı bu şeklide konuşmamıza izin vermeyeceğinden, Carnap mantıksal açıdan birbirlerinden çok farklı olan ama fiziksel deneylerin ve gözlemlerin sonuçlarına uygulanmakta anlaşmazlık yaşamayan iki tane olasılık anlayışının bilimde kullanılmasını önerir. Carnap'a göre, filozof tekil bir olayın olasılığından bahsetmeyi reddetse de, başkaları hiçbir zaman bundan vaz-

geçmeyeceklerdir. Basit bir örnek verir.[21] Gözlemlerin, belirli bir zarın simetrik olarak üretildiği bilgisini verdiğini, bu zarla olağan koşullar altında altı bin atış yapıldığını ve bunlardan bin tanesinin sonucunun 1 olduğunu varsayar. Bir sonraki atışın sonucunun 1 olacağını söyleyen hipoteze *h* adını verirsek, Carnap'a göre "*h*'nin tarif edilen delile dayanan indüktif olasılığının (tam olarak veya yaklaşık) 1/6 olacağı konusunda neredeyse genel bir fikir birliği olacaktır." Carnap, bu fikrine yol gösterici bir yorum ekler:

> Tekil bir olaya dair bir olasılık önermesini anlamsız bulduklarından, "olasılık" çerçevesinde *h*'ye ilişkin herhangi bir önerme kurmayı reddedecek birkaç kuramcı olduğu doğrudur... Ancak sokaktaki insanın ve laboratuvarda uygulamalar yapan bilim insanının bu türden çekinceleri yoktur. Bunlara *e* delilini verir ve *h*'nin olasılığının ne olduğunu sorarsak, çok büyük bir çoğunluk bir cevap vermekte tereddüt etmeyecektir ve verilen cevapların çok büyük çoğunluğu da birbirleriyle aynı fikirde olacaklardır.[22]

Carnap'ın, "kuramcı" ile "sokaktaki insan" veya "laboratuvarda uygulamalar yapan bilim insanı"nı birbirinden ayırdığını not düşmek gerekir. Carnap'a göre, "laboratuvarda uygulama yapan bilim insanı"nın kullandığı dil, "sokaktaki insanın" kullandığı günlük dille aynı türdendir. Bunların söyledikleri, bir kuramın kabul edilmesini veya edilmemesini belirler. Bu insanların konuşma alışkanlıkları, bazı durumlarda konuyla "kuramcılar"ın eleştirilerinden daha alakalı olarak değerlendirilir. Bu noktanın konuyla ilgisini, kuramların kabul edilme ölçütlerini ve bu ölçütler içerisinde ortakgörüyle bağdaşmanın yerinin ne olduğunu değerlendirdiğimiz zaman (15. Bölüm, 2. Kısım) anlayacağız.

Bu ölçütleri ne kadar ayrıntılı incelersek, tekil durumlarda iki kuramdan hangisinin günlük dile daha yakın olduğunu ayırt etmenin ne kadar zor olduğunun o kadar farkına varırız.

Mesela, olasılığın frekans kuramının kabul edilmesinin, tekil olayların olasılığına dair önermelerin kullanılmasına gerçekte yer bırakıp bırakmadığı kesin değildir. Katı bir "frekansçı" olan Reichenbach, tekil olaylara dair olasılık önermelerinin frekans kuramına uyan bir yorumunu yaptı. Bu yorumuna, nedensel ilişkilere dair önermelerin ortakgörüde ifade edilen hallerinin deney veya gözlemle sınanamayacağına dikkat çekerek başladı. Mesela, "biri musluğu açarsa, suyun akması *gerekir*" dersek, bunun gerçekten bir "gereklilik" olduğunu deneyle desteklemenin hiçbir yolu yoktur. Bu nokta David Hume'dan beri iyi bilinmektedir.[23] Ancak Reichenbach şöyle yazmıştır:[24] "Musluğu açarsa suyun akması gerektiğine inanan insan, inancının onu bu olayların toplamına dair doğru önermelere götüreceği iyi bir alışkanlık geliştirmiştir." Reichenbach'a göre, aynı durum benzeri şekilde deneyle desteklenemeyen tekil bir olaya dair bir olasılık önermesi için de geçerlidir. Şöyle yazar: "Tekil bir olayın olasılığının %75 olduğunu düşünen insan da iyi bir alışkanlık geliştirmiştir." Eğer "olasılık", "göreceli frekans" ise, tekil bir olayın olasılığı diye bir şey yoktur; fakat kişi tekil bir olayın olasılığıyla ilgili konuşma alışkanlığını geliştirirse, "inancı, benzeri olayların çok büyük bir sayısı ele alınırsa, %75'in sözü geçen sonucu vereceğini söylemesine yol açar".

Yeniden belirtelim ki, bilimi eylemlerin rehberi olarak değerlendirirsek, tekil bir olayın olasılığını bir indüktif olasılık önermesi olarak ele almamızla, istatistiksel olasılığa bağlı kalıp tekil olayların olasılıklarıyla ilgili önermeleri iyi alışkanlıklar olarak değerlendirmemiz ve onları ampirik olgulara dair desteklenebilir raporlar olarak görmememiz arasında hiçbir fark olmaz. Tüm bu düşünceleri değerlendirdiğimizde, "olasılığın frekans kuramı"nın mı yoksa "mantıksal olasılık kuramı"nın mı "doğru" olduğunu soran sorunun, basit bir "evet"

veya "hayır" ile cevaplanamayacağını görürüz. Bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi (2. ve 3. Kısımlar), bu sorunun yanıtı olasılık kuramından ne elde etmek istediğimize bağlıdır. Örneğin, "olasılık kuramları"ndan birinin kabul edilmesi, bu kuramın ortakgörü diliyle bağdaşıyor olmasına veya kuramımızın, ışığın dalga ve tanecik kuramları gibi rakip bilimsel teorilerden birini seçme konusuna uygunluğuna ne kadar önem verdiğimize bağlıdır. Reichenbach'ın kuramını değerlendirirken karşılaştığımız zorlukların, çok benzer şekilde, Carnap'ın kuramı için de geçerli olduklarını söyleyebiliriz. Von Mises ve Hilda Geiringer'in, Reichenbach'ın kuramında, bir teorinin sonuçlarının %70'i deneyle destekleniyorsa, bu teorinin "%70 olasılıkla geçerli olduğu"nun söyleniyor olmasına itiraz ettiklerini hatırlayalım. Aslında bilim insanlarının, gerçekleştirilen deneylerin %30'unda deneyimle uyuşmazlık içinde olan bir kurama "yanlış" dediklerini biliyoruz. Aynı sonuca, Carnap'ın "indüktif olasılığını" uygulayarak da ulaşabiliriz.

Jacob Bronowski,[25] bu zorluklardan kaçınmak ve bir hipotez veya kuramın olasılığı için tamamen farklı bir yaklaşım geliştirmek adına bir girişimde bulundu. Amacı,[26] bir kuramın geçerliliği için John Frederick Herschel ve William Whewell gibi insanların savunduğu ölçütü formülleştirmekti. Hatırlayacağınız gibi bu insanlar, bir kuramın asıl başarısını, onun birleştirici ve sadeleştirici gücünde buldular. Kuramın kapsadığı gözlemlenebilir olguların karmaşıklığıyla karşılaştırılınca, bir teori ne kadar sadeyse, olasılığı da o kadar yüksekti. Eğer kuram, gözlemlenebilir olguların tümünün numaralandırılmasından meydana geliyorsa, Reichenbach ve Carnap tarafından savunulan "bir kuramın olasılığı" tanımını kullandığımızda, "kuram" çok yüksek bir olasılığa sahip olurdu. Aslında bu tanımlar, bir kuramın verdiği gözlemlenebilir olgulara dair is-

tatistiklere dayanırlar. Bu yazarlar, türetilen olguların büyük sayısı deney ve gözlemle gerçekten desteklenirse, bu olguları veren kuramın olasılığının yüksek olduğunu düşünüyorlardı. Ancak von Mises ve Bronowski, olasılık hesabının bu şekilde uygulanmasına karşı çıktılar. Bir kuramın hakiki bilimsel işlere yararıyla ilgili, yalnızca sonuçlarının yapılan gözlemlerle uyuşmasına bakarak yargıya varılamaz; çünkü gözlemlenen olguların tümüyle bağdaşan ama sadece gözlemlerin kaydedilmesinden ibaret olup aslında teori bile olmayan bir "teori"nin var olması mümkündür. Elimizde aynı gözlemlenebilir olguları veren iki kuram varsa, bilim insanı bunlar arasından daha ekonomik veya basitçe daha sade olanını tercih eder. Bronowski, bir bilimsel kuram ile gözlemlenebilir olguları tarif etmemize yardım eden bir kodu karşılaştırır. Kod seçimi yaparken, daha kullanışlı, daha etkili olan kodu tercih ederiz. Kodu geliştirmek için, sistemli olarak, Bronowski'nin sözleriyle, "kodu, onu oluşturan sembollere ve onların düzenlenme yasalarına parçalamaya" çalışırız. Yüz küsur element, kimyasal görüngüleri tarif etmemize imkân tanıyan bir kod oluşturur. Bu elementleri üç tür temel parçacığa (protonlar, nötronlar ve elektronlar) ve aralarında etki eden kuvvetlere bölersek, örneğin hidrojen ile oksijen arasındaki etkileşimi, "oksijen" ile "hidrojen"in kendilerinin temel semboller olarak yer aldığı diğer tüm kuramlardan daha fazla bilgi veren bir şekilde tarif eden bir kod elde ederiz. Gözlemlenebilir olgularla bariz şekilde çelişmeyen kuramları dikkate aldığımızda, Bronowski, bir kuramın verdiği kod, onu oluşturan semboller ve düzenlenme yasalarına ne kadar çok parçalanırsa, kuramın o kadar daha olası hale geleceğini söyler. Her tartışmalı teorinin kabulü, Reichenbach ve Bronowski'nin kriterleri arasındaki bir uzlaşmaya bağlıdır: Olgularla bağdaşmak ve bir kod olarak etkili olmak (15. Bölüm, 2. Kısım).

15. BÖLÜM

YÜKSEK GENELLİĞE SAHİP KURAMLAR

1. Nedenselliğin 20. Yüzyıl Bilimindeki Rolü

Pek çok yazar modern atom fiziğinin sonuçlarını basit bir sloganla özetlemiştir: Fizik, 19. yüzyılın sonuna kadar, nedensellik ilkesine dayanıyordu; 20. yüzyıl atom fiziği bu ilkeden vazgeçti. Modern fiziğin bu şekilde yapılan özetini biyologların, psikologların, sosyologların, filozofların, avukatların, hekimlerin yazılarında ve özellikle de din adamlarının vaazları ile politikacıların konuşmalarında bulabiliriz. Açık konuşmak gerekirse bu ifade, durumu aşırı basitleştirmektedir. Ancak fizik dünyası dışındaki bu yanlış anlamaların, fizikçilerin bilimsel olarak desteklenebilir olanın ne olduğuna dair genellemeleri ortaya koymakta kullandıkları yüzeysel ifadelerden kaynaklandığını da kabul etmemiz gerekir. 11. ve 12. Bölümlerde eleştirel bir şekilde verilen nedensellik kavramını dikkate alacak olursak, nedenselliğin modern atom fiziğindeki doğru yerinin ne olduğuna dair bir yargı oluşturabiliriz.

Bu nedensellik tartışması biraz uzunca, hatta biraz fazla detaycı görünebilir. Aslına bakarsanız, konu uzun dönemler boyunca pek bir değişikliğe uğramadan kabul görmüş bilimler olduğu zaman, bunların yasalarını nasıl oluşturduklarını

ve onları geleceğe dair öngörüler üretmekte nasıl kullandıklarını, nedenselliğin sözünü fazla etmeden, herkes bilir. Oysaki bir bilimin kavramsal şemasında kökten değişiklikler meydana gelirse, "nedensel yasa" kavramının nasıl formülleştirildiği, kullanılmaya devam edilip edilmeyeceği ve bilimin bir sonraki döneminde kendine yer bulmasına izin verilip verilmeyeceği artık o kadar da açık değildir. Geometrinin mantıksal açıdan analiz edilmesi, ancak gayri-Öklidyen geometrilerin keşfinden sonra önemli ve ilgi çekici bir hal almıştır. Mach'ın Newton mekaniği üzerine yaptığı analiz, gerçek anlamını fizikçiler Einstein'ın görelilik kuramını kabul edene kadar belli etmemiştir. Aynı sebeplerden dolayı, nedenselliğin ayrıntılı bir incelemesinin yapılması ancak 19. yüzyılın sonlarına doğru, atom fiziğinin geliştirildiği zamanlarda çekici ve anlamlı hale geldi; bu da, 20. yüzyılda kuantum ve dalga mekaniğinin yükselişinde görüleceği gibi, hareket yasalarında kökten değişiklikler olmasına sebep oldu.

Konuyu kolayca ve tam olarak anlamak için yapılabilecek belki de en iyi şey, atom fiziğindeki temel deneylerden bir tanesine yeniden değinmek ve deneyi "nedensel yasa", "istatistiksel yasa" ve "nedensellik" terimlerini kullanarak yeniden ifade etmektir. Bahsi geçen deney, elektronların bir diyafram üzerindeki iki yarıktan geçmesi ve diyaframa paralel olan bir ekranda ışıldamalar oluşmasıdır. 8. ve 9. Bölümlerde bu deney ayrıntılı bir şekilde verilmişti. Deneyin başlangıç koşulları (veya "neden"i), bir kaynaktan yayılıp diyaframa ve ışıldama ekranına dik bir doğrultuda hareket eden bir elektron kümesinden (genel olarak, atomik nesnelerden) meydana gelir. Tabii ki yarıklar arasındaki uzaklık (a), elektronların hızı (v) ve kaynak-diyafram-ekran arasındaki uzaklık da başlangıç koşullarıdır. Parçacıklar kümesi yoğun bir küme ise, deneyin başlangıç koşullarını, özellikle de a ve v'yi kul-

lanarak, matematiksel bir kuralla hesaplanabilecek aralıklara sahip çizgilerin belirli bir desenini gözlemleriz. Kesin olarak söyleyebiliriz ki, bu başlangıç koşulları ne zaman ortaya çıksa, onları çizgilerin belirli bir deseni takip eder. Bu kesinlikle "nedensel bir yasa"dır. "Neden" ile kastettiğimiz şey bir bütün olarak çizgilerin deseni ise, "neden" "sonuç"u kesin olarak belirlemektedir. Bu yasa, gözlemlenebilir olgular bağlamında nedensel bir yasadır. Eğer parçacıklar kümesi seyrek bir küme ise durum farklı olacaktır. Ekran üzerindeki desen, birbirlerini uzun aralıklarla takip eden tekil ışıldamalardan oluşur. Bu tekil ışıldamaları öngöremeyiz; sadece istatistiksel bir dağılımı öngörebiliriz ve bunu ekrana büyük sayıda çarpma olduktan sonra denetleyebiliriz.

Buradaki durum, bir kütle noktasını bir hedefe göndermeye çalışmaktan bütünüyle farklı değildir. Çarpmaların kesin konumunu öngöremeyiz; sadece istatistiksel dağılımı öngörebiliriz. Ancak şöyle bir fark vardır: Hedef alma işleminin başlangıç koşullarındaki dispersiyonu daraltarak, hedefin merkezi etrafındaki çarpmaların dispersiyonunu da azaltabiliriz. Oysaki "atomik nesneler" bir diyafram üzerindeki yarıklardan geçtiğinde, ışıldamaların hedefin (ekranın) belirli bir noktasında oluşmalarını sağlama imkânımız yoktur. İçinde bulunduğumuz durum, madeni para atma deneyindekiyle tam olarak aynıdır; başlangıç koşullarını nasıl düzenlersek düzenleyelim, diyaframın içinden atomik nesneler fırlatmamızın "etki"sine dair yalnızca istatistiksel bir öngörüde bulunabiliriz. Her ne kadar fırlatılan cisimlerin bir hedefi nişan alması gibi görünüyor olsa da, bu deneyin sonucu madeni para atma deneyiyle daha yakın bir benzerlik içindedir. Kısacası, atomik fizikte gözlemlenebilir görüngüler sadece çok büyük bir atomik nesne akışı olması durumunda "nedensel yasalara" uyarlar; bu durumda ekran üzerindeki "desen" ke-

sin olarak öngörülebilir. Çizgiler arasındaki karşılıklı uzaklık, başlangıç koşulları olan *a* ve *v*'nin matematiksel bir fonksiyonudur. Benzeri bir durum Compton olayı için de söz konusudur; X-ışınlarının frekansı bir elektron kümesiyle olan çarpışma sonucunda değişir. Bu değişiklik, başlangıç koşulları kullanılarak tam olarak hesaplanabilir ama bir elektron için kesin bir konum öngörülemez. Bir hidrojen atomunun yaydığı tayf çizgilerinin frekansı da, Bohr'un tayf kuramına göre, başlangıç koşullarından tam olarak öngörülebilir; fakat tek bir elektronun çekirdek çevresinde izlediği yol üzerindeki yeri hesaplanamaz. Compton olayında olduğu gibi,[1] hidrojen tayfındaki frekanslar, elektronlar gibi "atomik nesneler"in çok büyük sayıları tarafından üretilen bir desenin özellikleridir.

Tüm bu bilgiler bir araya getirildiğinde karşılaştığımız gerçek, doğrudan gözlemlenebilen görüngüler söz konusu olduğu sürece, atomik fizikteki durumun "klasik fizik" adı verilen, mesela Newtoncı fizikteki durumdan temelde farklı olmadığıdır. Çok sayıda nesnenin özelliklerini kullanmak zorundaysak, gözlemlenebilir başlangıç koşullarına dayanarak kesin sonuçlar öngörülebilir; fakat gözlemlediğimiz görüngülerin yoğunluğu düşükse, öngörülemez "dalgalanmalar"la karşılaşırız. Tanıdık bir olguya tekrar değinecek olursak: Bir hedefe nişan alarak fırlatılan nesnelerde dahi, az sayıda nesne fırlatırsak çarpmalarla ilgili öngörüde bulunamayız. Bu konuya genellikle, eğer başlangıç koşulları tamı tamına bilinirse, her bir tekil atışın tam olarak öngörülebileceği şeklinde bir itiraz yöneltilmiştir; ancak bunun için, 12. Bölüm'de üzerinde durduğumuz, Laplace'ın öne sürdüğü her şeyi bilen Zekâ'ya ihtiyacımız vardır. Eğer gözlemlenebilir olguların gözlemcileri biz insanlar ise, kesin öngörüler yalnızca büyük sayıda duruma dayandırılarak mümkün olurlar.

20. yüzyıl atom fiziğindeki nedensellik ile 19. yüzyıl fiziğindeki nedensellik arasındaki farkı anlamak istiyorsak, bu iki fizik kuramının temellerini oluşturan belitler, semboller arasındaki ilişkiler ve kavramsal şemaları incelemeliyiz. Newton mekaniğindeki temel eşitliklerin, durum değişkenlerinin zamandaki artışlarını (birinci türevleri), yani $\frac{du_k}{dt}$'yi, bu değişkenlerin eldeki değerleri olan $u_1, ..., u_n$'nin fonksiyonları olarak verdiklerini öğrendik (12. Bölüm, 2. ve 3. Kısımlarda): $f_k(u_1, ..., u_n)$. Bu $u_1, ..., u_n$ değerleri, kütle noktalarının koordinatları ile momentumlarının bileşenleridir. Alan kuramında (12. Bölüm, 4. Kısım), nedensel yasalar $\frac{\partial u}{\partial t} = F\left(x, y, z, t, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}, \frac{\partial u}{\partial z}\right)$ formundadırlar; burada $u(x, y, z, t)$ alanın şiddetini, uzay ve zamandaki yerin bir fonksiyonu olarak verir. u'nun içinde bulunduğumuz zamandaki (t = 0) değerlerinden yola çıkarak, u'nun birim zamandaki artışı olan $\frac{\partial u}{\partial t}$ belirlenir ve u'nun uzayda gelecekteki dağılımı matematiksel işlemlerle hesaplanabilir. Nedensellik ilkesi böyle bir "nedensel yasa"nın hangi u değişkeni için geçerli olduğunu söylemez; yalnızca bu özelliğe sahip değişkenler olduğunu söyler. 8. Bölüm'de, atomik fizikte gelecekteki görüngüleri hesaplamak için olan matematiksel şemanın, de Broglie dalgalarının genliğini kullanmaktan ibaret olduğunu öğrendik. Bir deneyin başlangıç koşulları, bu genliklerin uzaydaki dağılımları olarak formülleştirilebilir. Bu durumda matematiksel şema, bu genliklerin içinde bulunduğumuz zamandaki (t = 0) değerleri verili ise, gelecekteki değerlerini hesaplamayı sağlayan bir diferansiyel denklemine karşılık gelir. Bu genlikler, kuantum teorisi veya dalga kuramına dair teknik dilde Schroedinger[2] fonksiyonları olarak bilinirler ve genellikle $\psi(t, x, y, z)$ ile gösterilirler. Bu

sebeple, bunlardan psi-fonksiyonları olarak da bahsedilir. Bu fonksiyonlar, nedensel bir yasanın biçimine sahip olan bir diferansiyel eşitliğe uyarlar:

$$-\frac{h}{2\pi i}.\frac{\partial\psi}{\partial t}=-\frac{h^2}{8\pi^2m^2}\left(\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}\right)+V(x,y,z)\psi$$

Bu eşitlikteki *m*, *V*(*x*, *y*, *z*) potansiyel enerjisine sahip bir kuvvet alanında hareket eden parçacığın kütlesidir.

Bu yasayı gözlemlenebilir görüngüleri öngörmek amacıyla kullanmak istersek, diferansiyel denkleme (sembolik şemaya) sembollerin işlemsel tanımlarını eklememiz gerekir. Schroedinger fonksiyonunun diferansiyel eşitliğinde, ψ genel olarak (*x*, *y*, *z*, *t*'nin karmaşık bir fonksiyonudur. ψ'nin "norm"unu, yani ψ ile ψ'nin karmaşık eşleniğinin çarpımını alırsak, uzaydaki koordinatların gerçek bir fonksiyonunu elde ederiz; bu da *x*, *y*, *z* koordinatlarına sahip noktanın çevresindeki bölgenin birim hacmindeki "noktasal olaylar"ın (yani ışıldamaların) ortalama frekansı anlamına gelir. Dolayısıyla Schroedinger eşitliğinin integralini almakla, uzayda belirli bir yerdeki tekil noktasal olayları öngöremeyiz. Gözlemlenebilir görüngülere dair bütün öngörüler istatistiksel yasalardır ama nedensellik yasası bir şekilde yerine gelmiş olur; çünkü ona uyan ψ diye bir durum değişkeni vardır. Ancak gözlemlenebilir görüngüler için herhangi bir nedensel yasa yoktur; çünkü ψ'nin işlemsel tanımı, aldığı değerleri tekil noktasal olaylara bağlamaz, bunun yerine büyük sayıda noktasal olaydan hesaplanmış istatistiksel bir ortalamaya bağlar.

Nedensellik ilkesinin modern atomik fizikte geçerli olup olmadığını soracak olursak, bu sorunun cevabı basit bir evet ya da hayır olmaz. Bu durumun, Öklidyen olmayan geometride (mesela Lobatchevski'nin geometrisinde), "bütün nokta-

larında birbirlerine aynı uzaklıkta olan iki doğrunun paralel olduğunu" ileri süren Öklidci teoremin geçerli olup olmadığını sormaktan bir farkı yoktur. Bunu sormanın bir anlamı yoktur; çünkü Öklidyen olmayan geometride birbirlerine eş uzaklıkta doğrular yoktur. Verilen bir doğruya eşit uzaklıkta olan bütün noktalar işaretlenecek olursa, bu noktalar bir doğruyla birleştirilemezler. Aynı şekilde, Newtoncı mekaniğinin nedensel yasaları atom fiziğinde anlamsızdırlar. Geleneksel mekanikte, koordinatların ve hızların (durum değişkenlerinin) gelecekteki değerleri, şimdiki değerler tarafından belirlenirler ve öngörülebilirler. Nedensellik yasasının atomik fizikte korunup korunmadığını sormak, anlamsız bir soru sormaktır. Gerçekte, konum ile hız durum değişkeni değillerdir. Bir sistemin konumlar ile hızların şimdiki değerleriyle tarif edilen bir durumu yoktur; bu nedenle, atomik fizikte gelecekteki konum ve hızların şu anda olanlar tarafından belirlenip belirlenmediğini soramayız. Bir durumun bu türden bir tarifi yoktur.

Ancak 8. ve 9. Bölümlerde öğrendiğimiz gibi, atomik bir nesnenin yaklaşık durumunu, nesneye her birinin belirli bir belirlenemezlik sınırı olan bir konum ve bir momentum atfederek tarif edebiliriz. Belirli bir belirlenemezliği olan koordinatlara sahip tek bir parçacık kullanmaktansa, koordinatları belirli bir dispersiyona sahip olan bir parçacıklar kümesi kullanabiliriz. Bu durumda küme, momentumların belirli bir dispersiyonuna sahip olacaktır. Koordinatların ve momentumların dispersiyonlarını D_q ve D_p ile gösterirsek, belirlenemezlik denklemine göre $D_q . D_p = h$ olur. Bu eşitlik, ψ-fonksiyonunun tabi olduğu nedensel yasa olan Schroedinger denkleminden türetilebilir. ψ'nin işlemsel tanımının, uzaydaki belirli bir *x*, *y*, *z* noktasının etrafındaki parçacıkların dağılımıyla ve dolayısıyla D_q'nun dispersiyonuyla bağlantılı olduğunu öğrendik.

Fakat bu türetmenin ayrıntılarına daha fazla girmemeliyiz, çünkü bu konu bizi çok fazla matematiksel teknik ayrıntıya götürecektir.

Burada bizi ilgilendiren, şu noktayı vurgulamaktır: Atomik bir nesnenin "hareket"ini yaklaşık olarak ortaya koymak için gerçek parçacıkların bir kümesini kullanmaya çalışırsak, bu kümedeki D_q ve D_p dispersiyonlarının, $D_q.D_p = h$ olduğundan, eşzamanlı olarak ortadan kalkamayacağını buluruz. Bu ilişkinin, herhangi bir "felsefi" yorumla bağlantılı olmadığını da aklımızda tutmamız gerekir; bu ilişkiyi veren, atomik olayların etkileri olarak kabul edilen gözlemlenebilir olguları öngörmek için kullanılan atom fiziği ilkeleridir. Popüler anlatımlarda sık sık şunu okuruz: Bir elektronun hiçbir zaman kesin bir konumu olamaz ve dolayısıyla şimdiki zaman, geleceği tartışmaya yer bırakmayacak şekilde belirleyemez. Bu türden bir önermeyle aslında demek istenen, atomik nesneleri gerçek parçacıkların kümeleriyle yaklaşık olarak ortaya koymakla, bu kümedeki koordinatların ve momentumların dispersiyonlarının eşzamanlı olarak ortadan kalkamayacağıdır.

Nedensel yasanın atomik fizikteki rolünü özetlemek için, şöyle diyebiliriz: Gözlemlenebilir başlangıç koşullarına dayanarak, noktasal olayların gelecekte tam olarak sahip olacakları yerleri öngörmek için kullanabileceğimiz yasalar yoktur. Başka bir ifadeyle, gelecekteki tekil noktasal olayların kesin bir öngörülebilirliğini elde edebileceğimiz derecede dar bir sınırda tutabileceğimiz başlangıç değerlerine sahip durum değişkenleri yoktur. Tahmin yürütmekte gerçek parçacıkları kullanacak olursak, atomik nesnemizin başlangıç durumunda bunların koordinatları ve momentumlarının dispersiyonlarının eşzamanlı olarak küçültülemeyeceğinin farkına varırız. Diğer taraftan atomik fizikte, şu andaki değerler verili ise gelecekteki değerleri öngörmemize imkân veren (ψ gibi)

değişkenler olsa da, bu değişkenlerin gözlemlenebilir noktasal olaylara işlemsel tanımlarla bağlı olduklarını anlamamız gerekir. Bu bağlılık, ψ'ye dair gelecekte belirli bir andaki kesin bilginin, bize gelecekte yerleri saptanan noktasal olaylarla ilgili sadece istatistiksel bilgiler vereceği şekildedir.

Tüm bu değerlendirmelerden çıkan sonuç, nedensellik yasasının 20. yüzyılda atomik fizikte hayatını sürdürüp sürdürmediğine dair sorunun, basit bir "evet" veya "hayır" ile cevaplanamayacağıdır. Kademeli bir değişim söz konusudur. Newton ve Laplace'ın, konum ve hızın ikisinin de dar sınırlar içerisinde tutulabildiği bir durumun tanımına dayanan determinizminin yerine, Bohr'un "belirlenemezlik" veya yere dair dispersiyondan yola çıkarak, belirli bir momentumun sınırını veren tamamlayıcılık kuramı konulmalıdır.

Bohr, çok yerinde bir ifadeyle şöyle der:[3] "Tamamlayıcılığın bakış açısı, nedensellik fikrinin rasyonel bir genellemesi olarak düşünülebilir."

2. Kuramların Kabul Edilmelerinin "Bilimsel" Ölçütleri

Dedüktif ve indüktif mantığa dair değerlendirmelerimizin üstüne (14. Bölüm), bilim insanının bir etkinliği olarak kuramların "kabul edilmesi"ni tartışarak işe biraz hareket katalım. Argümanımızın "mantıksal" bileşeninden, "pragmatik" bileşenine geçeceğiz. Bu bileşen, görelilik kuramı, Bohr'un tamamlayıcılık kuramı, kendiliğinden üreme kuramı (organizmaların inorganik maddelerden evrimleşmesi) gibi yüksek genelliğe sahip teorilerle ilgilenmek zorunda kaldığımızda ayrıca bir önem kazanır.

Bir bilimden bahsederken, "mantıksal" ile "pragmatik" bileşenleri birbirinden ayırmak, 20. yüzyılda bilimin mantıksal yapısına dair yeni fikirlerin yükselmesiyle yakından bağlantılı olmuştur.

Aristotelesçi ve Skolastik gelenekte, bilimin aktarılması iki öğeden meydana gelen bir şemaya dayanarak yapılmıştır ("diyadik" bir şema): Gerçek nesnel dünya ile bu dünyanın bilim insanı tarafından verilen resmi. Bu ikisinin birbirleriyle, tıpkı bir fotoğrafın gerçeğiyle uyuşması gibi uyumlu oldukları düşünülüyordu. Thomistik bir şekilde ifade edecek olursak, hakikat, insan aklının gerçek dünyadaki şeylerle hem fikir olmasıydı. Bu görüş, çeşitli felsefe okullarınca 19. yüzyılın sonuna kadar devam ettirildi. Bu "diyadik" şemanın, Lenin'in felsefe üzerine yazdığı ana kitabını kendine rehber alan resmi Sovyet felsefesinde, "yansıma kuramı" adı altında neredeyse dini bir coşkuyla bilime uygulanması bu durumun aşırı bir örneğidir.[4] Lenin'in kitabı, kuramın gerçeği yansıtması gerektiğini öğretir.

Fakat 19. yüzyılın sonunda, C. S. Peirce, bilimin ikili yerine üçlü bir şema[5] ile sunulmasını tavsiye etti. Bu şema, gözlemlenen nesne, çalışan bilim insanı ve üçüncü öğe olarak da bilim insanının, yaptıklarını ifade etmek için icat ettiği işaretlerden meydana gelir.[6] Bu şema, 20. yüzyılda bilim felsefesindeki büyük akımlar tarafından benimsenmiştir. Özellikle pragmatizm, mantıksal pozitivizm, işlemselcilik ve genel anlambiliminin takipçileri bu üçlü şemayı kabul etmişlerdir. Rudolf Carnap ve Charles W. Morris, *International Encyclopedia of Unified Science*'ta,[7] bu şemanın açık ve ayrıntılı bir tanımını vermişlerdir. Onlara göre, bilim ilk önce fiziksel nesnelerle işaretler veya semboller arasındaki ilişkileri inceler; bunun sonucuna bilimin "semantik" bileşeni adı verilir. Semboller arasındaki ilişkiler ise "mantıksal" bileşeni meydana getirirler. Bunların yanında üçüncü bir bileşenin de değerlendirilmesi zorunludur; bu bileşen bilim insanı ile kullandığı işaretler arasındaki ilişkiler, ya da başka bir ifadeyle, bilim insanının kuramlarını çalışırken içinde bulunduğu sosyal ve psikolojik koşulların

ilişkileridir. Bu ilişkilerin çalışılması "pragmatik" bileşeni verir. Bilim insanları, alışılagelen işlerinde en çok mantıksal ve semantik bileşenleri dikkate almışlardır. Ancak genelliği çok yüksek olan kuramları değerlendirmemiz gerektiğinde, bu ölçütlerle özgün bir şekilde belirlenmediklerinin farkına varırız. Pragmatik bileşeni de, yani psikolojik ve sosyal etmenlerin, bilim insanları tarafından fiziksel ve psikolojik dünyanın bir parçası olarak kurulan işaret sistemleri üzerindeki etkisini de dikkate almamız zorunludur. Bu bizi, günümüzde "davranış bilimleri" adı verilen alana götürecektir.

Genelde bilim insanları arasında, tamamen bilimsel açıdan bakılınca, bir önermeler sisteminin sadece ve sadece mantıksal açıdan doğru olmak ve gözlemlenebilir olgularla hem fikir olan sonuçlar vermek şartıyla kabul edilebilir bir kuram olacağı anlayışı hâkimdir. Sonuçların tamamının deneyle sınanması kesinlikle mümkün olmadığından, yapılan deney sayısının yeterince büyük olması şartıyla, eğer hiçbir sonucu deneyle anlaşmazlık içinde değilse, kuramın kabul edilebilir olduğunu söylemeyi tercih etmemiz gerekir. Kuramdan çıkarılan hiçbir sonuç gözlemlerle anlaşmazlık içinde olmadığı sürece, kuramın önermelerinde ne tür kavramların ve kavramlar arasında ne tür ilişkilerin ortaya çıktığı "modern anlamdaki bilim" açısından herhangi bir fark yaratmaz. Tabii ki, kuramın önermelerinin yalnızca temel kavramlar (ya da temel semboller) arasındaki ilişkilerden değil, aynı zamanda temel sembollere dair bu önermeler ile gözlemlenebilir olgulara dair önermeleri birbirlerine bağlayan "işlemsel tanımlar"dan da meydana geldiğini her zaman göz önünde bulundurmamız gerekir. Bu ölçütlere göre, bir kuram (semboller ve bu sembollerin işlemsel tanımları arasındaki ilişki), hakiki gözlemlerle sınanmış olan gözlemlenebilir sonuçlarla hem fikir ise, desteklenir. Fakat bir kuram yukarıda tarif etti-

ğimiz şekilde "desteklenmiş" ise, bundan bu kuramın "geçerli" olduğu sonucuna değil, sadece geçerli *olabileceği* sonucuna varılabilir. Bilim insanları, geçerli olabilecek birden fazla kuram arasında hangi ölçütlere göre seçim yapmışlardır?

Genel olarak bilim insanları, gözlemlenmiş olguların belirli bir alanının hesabını vermek için ileri sürülmüş kuramlar arasında bir tanesinin en iyi olacağını ve genel kabul göreceğini söyleyeceklerdir. Reichenbach'ın tavsiyelerine (14. Bölüm, 1. Kısım) kulak verecek olsak, "en olası" kuramı kabul etmemiz gerektiğini söylerdik. Bunun istatistiksel olasılık kuramına göre anlamı, gözlemlenen olgularla diğerlerinden "daha fazla" hem fikir olan kuramın kabul edilmesi gerektiğidir. Ancak bu hem fikir olma durumu kabul edilmenin tek ölçütü olamaz. Durum böyle olsaydı, en iyi kuram olguların yalnızca bir tarifi olurdu ki böyle bir şey kuram bile değildir. Tekrar tekrar belirttiğimiz gibi, bilimin asıl gelişiminin inşası her zaman bir sadelik ve ekonomi ölçütü çerçevesinde olmuştur. John Stuart Mill'in indüktif mantığında da olduğu gibi, gözlemlerle uyum içinde olma temeline dayanan Reichenbach ve Carnap'ın ölçütleri, bilim tarihinde William Ockham, Isaac Newton ve Ernst Mach gibi insanlar tarafından geliştirilen sadelik ve ekonomi ölçütüyle tamamlanmalıdır. İçinde bulunduğumuz yüzyılda, gözlemle hem fikir olmak dışındaki ölçütlerin önemi von Mises ve Bronowski tarafından vurgulanmıştır (13. Bölüm).

Pek çok bilim insanı, aynı gözlemlenmiş olguların hesabını verebilen bütün kuramlar arasından en "sade" olanının seçildiğini ileri sürecektir; ancak bu durumda sadelik derecesinin nasıl tanımlanacağı sorusu doğar. Kendimizi "matematiksel sadelik" kavramıyla sınırlandıracak olursak, birinci dereceden cebirsel bir denklemin, ikinci veya üçüncü dereceden bir denklemden daha basit olduğunda herkes hem fikir ola-

caktır. Kopernikçi kuram, gezegen hareketlerinin geometrik bir tarifi olan eş merkezli çemberleri doğurdu; bunlar da tekil trigonometrik fonksiyonlarla yapılan analitik bir tarife karşılık geliyorlardı. Bu tarifin, analitik temsilleri trigonometrik fonksiyon serileriyle verilen (Fourier serileri) "döngüler"in geometrik kullanımını yapan Batlamyusçu kuramın tarifinden daha "sade" olduğu kesindi. Işığın dalga kuramı ile tanecik kuramı arasındaki uzun çekişmede, tanecik kuramının seçilmesinin nedenlerinden biri, bir "sadelik" argümanıydı. Bu kuram bizi matematiksel olarak, bir parçacığın hareketi için Newton'ın hareket yasalarıyla formülleştirilen diferansiyel denklemlere götürdü. Bu yasalar da ikinci dereceden adi diferansiyel denklemleri getirdiler. Ancak dalga kuramı, çözümü için sınır koşulları konulmasını zorunlu kılan ikinci dereceden kısmi bir diferansiyel eşitlik olan dalga denklemini verdi. Böyle bir eşitlik, 19. yüzyılın başında, adi diferansiyel eşitliklerden daha kolay değildi. Bu nedenle, tanecik kuramının lehine olan matematiksel sadeliğe başvurulabilirdi. Tabii ki sadelikteki bu fark, kısmi diferansiyel denklemler kuramı geliştikçe gitgide daha az belirgin hale geldi. Dolayısıyla bir kuramın matematiksel sadeliğini nasıl değerlendirdiğimizin, belirli bir dönemde bilimin içinde bulunduğu duruma bağlı olduğu açıkça görülebilir. Mesela geçmişte, belirli bir kuramın sonsuz küçükler hesabından kaçınıp kendini "temel matematik" ile sınırlamak koşuluyla sade sayıldığı dönemler olmuştur.

Tabii bir de, "sade kuramlar"ın *neden* tercih edilmesi gerektiği sorusu vardır. Bazı bilim insanları, bunları tercih etmelerinin sebebinin "sade" formüllerin sonucun daha kolay ve çabuk hesaplanmasına imkân sağlamaları olduğunu söylerler; bunlar zamandan ve emekten kar edilmesini sağladıklarından "ekonomik"tir. Diğer taraftan, sade kuramların daha

"zarif", daha "güzel" olduğunu söyleyen yazarlar da vardır; bunlar sade kuramları "estetik" nedenlerden dolayı tercih ederler. Ancak güzel sanatlar tarihinden bildiğimiz kadarıyla, belirli bir estetik tercih, belirli bir hayat tarzının, belirli bir kültürün veya belirli bir sosyal ağın sonucudur. Bu durum bir matematik formülünün "güzelliğini" değerlendirdiğimiz zaman da geçerlidir. Einstein'ın yerçekimi kuramı matematik geçmişi olan çoğu bilim insanını heyecanlandırır, çünkü bu kuramın formüllerinde ileri bir matematiksel sadelik ve güzellik vardır. Diğer yandan deneysel fizikçiler ile gökyüzü gözlemcileri arasında, bu formüllerin aşırı karmaşık olduğunu, az sayıda ve hatta tartışmalı olguların türetilmesi için bu kadar karmaşık formüllerin kullanılmasına değmeyeceğini söyleyecek pek çok kişi bulabiliriz.

Hangi kuramların gerçekten sadeliklerinden dolayı tercih edilmiş olduklarını araştıracak olursak, kabul edilmekte belirleyici rol oynayan sebebin ne ekonomik ne de estetik, bunların yerine "dinamik" olduğunu görürüz. Bunun anlamı, bilimi daha "dinamik" hale getirdiğini, yani bilinmeyen alanlara girmeye daha uygun hale getirdiğini kanıtlayan kuramın tercih edildiğidir. Konuya açıklık kazandırmak için, bu kitapta sık sık başvurmuş olduğumuz bir örneği kullanabiliriz: Kopernikçi ve Batlamyusçu sistemler arasındaki çekişme. Kopernik'ten Newton'a kadar geçen zamanda, bu sistemlerin biri veya diğerinin lehinde olan çok sayıda sebebe başvurulmuştur. Ancak nihayetinde Newton, gökcisimlerinin (örn. kuyrukluyıldızlar) bütün hareketlerinin hesabını mükemmel bir şekilde veren hareket kuramını geliştirdi; oysa hem Kopernik hem de Batlamyus yalnızca bizim gezegenler sistemimizdeki hareketlerin hesabını vermişlerdi. Bu sınırlı alanda dahi, gezegenler arasındaki etkileşimlere bağlı olan "sapma-

lar"ı yok saymışlardı. Yine de, Newton'ın yasaları Kopernikçi kuramın genellemeleri içinden doğdular ve eğer Newton Batlamyusçu sistemle başlamış olsaydı, bunların nasıl formülleştirileceğini hayal bile edemezdik. Bu bağlamda ve daha pek çoklarında, Kopernikçi kuram daha "dinamik" olandı; ya da daha büyük bir höristik değere sahipti. Kopernikçi kuramın, Batlamyusçu kurama göre matematiksel olarak daha "sade" ve ayrıca daha dinamik olduğunu söyleyebiliriz.

Kuramlar arasında gerçekten yapılmış olan seçimleri incelediğimizde, matematiksel açıdan sade olanların aynı zamanda dinamik olmalarının, yani genellenerek geniş bir olgular kümesini kapsayan kuramlara dönüşebilmelerinin genel bir kural olduğunu görürüz. Daha önce iki örnek vermiştik: Maxwell'in elektromanyetik alan kuramı ve Einstein'ın yerçekimi kuramı. Bunlar, gözlemlenen olguların matematiksel olarak sadeleştirilmesinin, bu olguları yalnızca çok özel sonuçlar olarak kapsayan çok genel kuramların geliştirilmesine nasıl yol açacağını açıkça gösterirler. Bir kuramın bilim insanlarınca modern anlamda kabul edilmesinin gerektirdiklerinin "gözlem ile bağdaşma" ve "sadelik" olduğu artık açıklık kazandı. Tabii bir de bu iki gerekliliğin ortaya konulmasıyla hiç sözü geçmeyen bir soru vardır. Bunlardan hangisi daha önemlidir? Bu soru ilk bakışta önemsiz gibi görünür; ama aslında şöyle bir soruyla karşılaştığımız pek çok durum vardır: Olgularla hemfikir ama çok karmaşık bir kuram ile daha sade olup da ayrıntılara gelince olgularla diğeri kadar iyi uyuşmayan bir kuram arasında seçim yapmak zorunda kalırsak, bunlardan hangisini seçeceğiz? Bir bilim insanının bu soruya cevabı büyük ihtimalle, asıl önemli olanın gözlemlenmiş olgularla hemfikir olmak olduğu, "sadelik"in ise ikincil bir öneme sahip olduğudur. Ancak, bu soru üzerinde biraz dü-

şününce, böyle bir cevabın bir yanılgıdan başka bir şey olmadığının farkına varırız. Bir kuramın değeri, tabii ki gözlemlerin basitçe bir raporu olmaktan daha sade olma özelliğinden kaynaklanır. Gözlemlerimizin hepsiyle tamamen hemfikir olan herhangi bir kuram kesinlikle yoktur. Böylesine tamı tamına bir hemfikir olma beklentimiz varsa, bunu yalnızca gözlemleri kaydederek karşılayabiliriz. Fakat gözlemlerle tamı tamına hemfikir olmalarına rağmen, hiç kimse bu kayıtları kabul edilebilir bir kuram olarak görmeyecektir. Bir kuramı kuram yapan, gözlemlere dair tutulan kayıtlardan daha sade ve daha kısa olma özelliğidir. Bu nedenle, bir kuramın kabul görmesi her zaman "olgularla bağdaşma" koşulu ile "sadelik" koşulu arasındaki bir uzlaşmanın sonucudur.

Bunun yanında, kuramların gerçekte ne sebeple kabul edilmiş olduklarına bakacak olursak, bir kuramdan beklenen özelliklerin olgularla bağdaşma ve sadelik ile sınırlı kalmadığını görürüz. Mesela Francis Bacon'ın Kopernikçi kurama karşı yaklaşımını hatırlarsak,[8] ortakgörüyle aynı fikirde olduğu için yer merkezli (Batlamyusçu) kuramı tercih ettiğini görürüz. Bu gereklilikten çeşitli şekillerde bahsettik. Yani aslında bilim insanları arasında kabul gören üç tane gereklilik vardır: Gözlemlerle hemfikir olma, sadelik ve ortakgörü deneyimiyle uyumlu olma. "Sadelik" ve "ortakgörü" adı verilen şeylerin, bir kuramın sosyal altyapısıyla ilgili olduğunu kesinlikle belirtmeliyiz. Bu durumda, "saf bilimsel" olan gerekliliği olgularla hemfikir olmakla sınırlamak için bir gerekçemiz vardır. Öyleyse "sadelik" ve "ortakgörüyle aynı fikirde olma"yı sosyal ölçütler olarak dikkate almamız gerekir. Bilim insanları bu ölçütleri çoğu durumda kabul etmiş olduklarından, argümanın "pragmatik" yönünü ele aldığımızda, bilimsel olan kriterlerle sosyolojik olanları birbirlerinden ayıran belirgin bir sınır çizgisi çizmek kolay olmaz.

3. "Bilimdışı" Nedenlerin Rolü

17. yüzyılda bilim ve felsefe arasındaki zincir koptuğunda,[9] "bilimsel doğru" yalnızca olgularla hemfikir olma ölçütüne dayanır gibi görünmeye başladı. Bir önceki kısımda öğrendiğimiz gibi, bu tam olarak doğru değildir. "Sadelik" ve "ortakgörüyle hemfikir olma", her zaman kendi rollerini oynamış ve bilim insanlarının verdikleri kararlara sosyolojik ve psikolojik katkılarda bulunmuşlardır. Bu türden nedenlerin bilimde her zaman bir rolleri olmuş olduğunu aklımızda bulundurursak, "olgular" ile "ilkeler" arasındaki zincirin felsefi ucunun hiçbir zaman tamamen yok olamaması bizi şaşırtmaz. Başka bir ifadeyle, bilim hiçbir zaman teknolojik kullanımla sınırlı kalmamıştır. Dolayısıyla "bilimsel" olanlardan farklı ölçütler her zaman işe dahil olmuşlardır. Yine eski bir örnek olan Kopernikçi kurama bakarsak, bu sistemin "matematiksel açıdan sade" ve "olgularla aynı fikirde" olduğunu kabul etmiş olan pek çok bilim insanı ile filozofun, onu tamamen farklı türden nedenlerden dolayı reddetmiş olduklarını görürüz.

Yaygın olarak bilinen örneklerden kolayca görüldüğü gibi, vatandaşlardan beklenen davranışları veya kısaca ahlaki davranışı desteklemeye uygunluk, yüzyıllar boyunca bir kuramın kabul edilmesinin bir nedeni olarak hizmet etmiştir. Bu bağlamda antik dönemde, Aristoteles ile Platon'un fizikleri, Epikür'ün fiziğinden daha uygun görünüyordu. Bunlardan ilkine göre, gökcisimleri dünyamızdan daha asil bir maddeden yapılmışlardı; Epikür'ün "maddeci" öğretisine göre ise, bütün cisimler aynı elementlerden meydana geliyorlardı. Epikürcü öğreti, maddi varlıklar ile tinsel varlıklar arasında bir farkın var olduğunu öğretmeyi zorlaştırıyordu. Çok sayıda eğitmen ve devlet büyüğü, bu farka inanmanın iyi vatandaşların eğitimi için önemli olduğuna ikna olmuş olduğundan, Epikürcü öğreti güçlü gruplarca reddedildi. Bunun iyi bir örneği, Pla-

ton'un "iyi bir devlet"in tarifini verirken, Epikürcü felsefeyi takip edenlerin susturulması gerektiğini şart koşmasıdır.

Başka bir tarihsel örnek ise, tabii ki, Aristotelesçi fiziğin kullanılmasını daha zor ve karmaşık hale getirdikleri için Kopernikçi ve Galileocu öğretilere karşı sürdürülen mücadeledir. Örneğin eylemsizlik yasası, Aristoteles ve Aziz Thomas'ın yaptığı gibi, bir cisim başka bir cisim tarafından hareket ettirilmediği sürece herhangi bir hareketin mümkün olmadığını varsaymayı bir şekilde zorlaştırıyordu. Bu varsayım, bir ilk hareket ettiricinin var olduğunun önemli kanıtlarında kullanılıyordu; bu da Tanrı'nın varlığının kanıtlanması için önemliydi. Benzer örnekleri günümüz biliminde de kolaylıkla bulabiliriz. En bariz örnek, maddeci felsefeyi arzulanan ahlaki davranışların desteği olarak gören ve maddecilikten yana olan bilimsel kuramların tarafını tutan hükümetlerin yarattığı etkide bulunabilir. Sovyet Rusya'da Einstein'ın görelilik kuramına karşı verilen savaş, bize tanıdık gelecek bir örnektir.

Bilim insanları ve bilimsel düşünmeye meyilli olanlar, genellikle bilimsel kuralların kabulü üzerinde "bilimsel olmayan" etkiler "olmaması" gerektiğini söyleme eğiliminde olmuşlardır; ancak bu etkiler var olduklarından, bunların önemini bilimin mantıksal bir analizi içerisinde anlamak zorunludur. Çok büyük sayıda örnek üzerinden öğrendiğimiz kadarıyla, gözlemlenen olgular bilimin genel ilkelerini tartışmaya yer bırakmayacak şekilde belirlemezler. Sadelik ve ortakgörüyle aynı fikirde olma gerekliliklerini de eklediğimiz zaman, bu belirlemenin alanını daraltmış oluruz ama yine de tek ve kesin bir sonuca gidemeyiz. Beklentilerimiz arasında, arzulanan ahlaki ve politik davranışları desteklemeye uygun olmak da yer alabilir. Bilimsel bir kuramın belirlenmesine bu gerekliliklerin hepsi birlikte dahil olurlar. Çoğu bilim insanının sıkı sıkıya inandıkları, bilimsel bir kuramın yalnızca "bilimsel temellere"

dayanarak kabul edilmesi gerektiği fikri, bunların genç bilim insanlarıyken, dünyaya dair bilgi edinmeye başladıkları dönemde benimsemiş oldukları bir felsefeyi meydana getirir. Bu felsefeye göre "doğru" bir kuram bize "fiziksel gerçekliğin bir resmini" verir ve bu kuram gözlemlenmiş olgulara dayanarak bulunabilir. Eğer sadece gözlemlenmiş olgularla bağdaştığı için inşa edilmiş olan bir kuram, dünyaya dair "doğru" olanı söylüyor olsaydı, bilimsel bir kuramın kabulü üzerinde ahlaki, dini ve politik sebeplerin etkili olması bir yana, sadelik ve ortakgörüyle aynı fikirde olmanın etkisini bile ciddi ciddi varsaymak aptallık olurdu. Ancak şimdiye kadar öğrendiğimiz kadarıyla, "gözlemlenen olgularla aynı fikirde olmak" hiçbir zaman tekil bir kuramın diğerlerinin arasından seçilip ayrılmasını sağlamaz. Hiçbir zaman gözlemlenen olguların hepsiyle tamamen aynı fikirde olan yalnızca bir tane kuram olmaz; bunun yerine kısmen aynı fikirde olan birkaç kuram vardır. Nihai kuramı seçmek için bir uzlaşma sağlamamız zorunludur. Nihai kuram, gözlemlenen olgularla ortalama bir anlaşma içinde olmalıdır ve olabildiğince sade olmalıdır. Bu noktayı göz önünde bulundurduğumuzda, böyle bir "nihai" kuramın "Hakikat" olamayacağını açıkça görürüz.

Fakat günümüzdeki bilimsel felsefe, doğru bir kuramı "fiziksel gerçekliğin bir kopyası" olarak gören bu metafizik anlayışı devam ettirmez. Günümüzde bir kuram, daha çok belirli bir amaca hizmet eden bir araç olarak görülür. Geçmişte gözlemlenmiş olan ve şu anda gözlemlenen olguları temel alarak, gelecekteki gözlemlenebilir olguları öngörmeye yardımcı olmalıdır. Ayrıca, zamandan ve emekten kâr etmemizi sağlayacak aletlerin işimize katkıda bulunmalarına da yardımcı olmalıdır. Bilimsel kuram, bir bakıma, pratik bir şemaya göre yeni aletler üreten bir alettir. Bunun yanında bilimsel kuramlar bize sade ve güzel bir dünya resmi verdikleri ve ar-

zulanan bir hayat biçimine uygun bir felsefeyi desteklediklleri için de kabul edilirler.[10]

Hangi kuramın kabul edilmesi gerektiği sorusuna cevap verebilmek için, olguların öngörülmesi, aletlerin inşası, güzellik, sadelik veya ahlaki ve politik amaçları desteklemeye uygunluktan hangisinin tercih edilmesi "gerektiğini" bilmekten başka seçeneğimiz yoktur. Durumu anlamak için bu soruyu, bir uçağın inşa edilmesi sırasında sorulan sorularla karşılaştırabiliriz. Bir uçağın güzelliği ve zarifliğinden keyif alıyor olmamızla aynı şekilde, bu uçağın inşa edilmesini mümkün kılan kuramın güzelliği ve "zarifliği"nden de keyif alırız. Söz konusu olan tekil bir uçak ise, "mükemmel" olmak anlamında "doğru" olup olmadığını sormanın hiçbir anlamı yoktur. Sorabileceğimiz tek soru, bu uçağın belirli bir amaç için "iyi" veya "mükemmel" olup olmadığıdır. Amacımız olarak "hız"ı seçersek, mükemmel olan uçak, "dayanıklılık" amacı için mükemmel olan uçaktan farklı olacaktır. "Güvenlik" veya "eğlence" ya da "okumak veya uyumak için uygunluk"u amacımız olarak seçersek, mükemmellik ölçütü yine farklı olacaktır. Bu amaçların hepsini aynı düzeyde karşılayacak bir uçağı inşa etmek imkânsızdır. Yani, bunlardan bir miktar ödün vermek zorunludur. Ne tür bir ödün verilmesi "gerektiğini" belirlemek için, hangisinin daha önemli olduğuna karar vermemiz gerekir: hız veya güvenlik mi, eğlence ya da dayanıklılık mı? Bu sorunun cevabını fizik veya mühendislik biliminde bulmak kesinlikle mümkün değildir. "Hakiki bilim" açısından bakınca[11] amaç keyfidir; bilim, bize bir uçağın nasıl inşa edileceğini yalnızca sağlanması gereken hız veya güvenlik derecesi önceden verilmiş ise öğretebilir. Öte yandan, hız ile güvenlik arasında olması istenen ilişki, ahlaki, politik ve hatta dini fikirlerden bağımsız değildir. Verilecek ödün, tartışmaya açık önseçimlere bağlıdır. "Hakiki bilim" açısın-

dan, siyasaları belirleyen otoriteler, önseçimlerine göre hangi uçağın üretileceğini seçmekte özgürdür. Ancak konuya hem fiziksel hem de sosyal bilimleri kapsayan birleşik bir bilimin bakış açısıyla yaklaşacak olursak, hız ile güvenlik, eğlence ile dayanıklılık arasında uzlaşmanın sağlanmasında, sosyal ve psikolojik koşulların nasıl belirleyici bir rol oynadıklarını anlamamız gerekir. Kendimizi basit ve ciddiyet kaygısı olmayan bir dille ifade edecek olsaydık, nasıl ödün verileceğini belirleyen şeyin siyasaları yapanların şartlı refleksleri olduğunu söylerdik. Bu koşullar, mesela Senatörlere mektup yazmakla oluşturulabilir. Pragmatik bilim felsefesi çerçevesinde düşünürsek, bilimsel bir kuramın kabul edilmesinin, aslında bir uçağın kabul edilmesinden farklı olmadığını söyleriz.

Belirli bir bilimsel kuramın, örneğin Kopernikçi gezegen hareketleri kuramı ya da Einstein'ın görelilik kuramının, neden doğru veya mükemmel olarak kabul görmüş olduğunu sorabiliriz. Daha önce yaptığımız değerlendirmelere göre düşünürsek, bu sorunun yanıtlanabilmesi için önce başka bir soruya cevap vermek zorundayız: Kuram, hangi amaca hizmet edecektir? Tek amacı, tamamen teknik bir amaç olan, gözlemlenebilir olguları öngörmek midir? Ya da basit ilkelerden çok sayıda olgu türetmemizi sağlayacak, sade ve zarif bir kuramın elde edilmesi mi amaçlanmaktadır? Amacımıza uyan kuramı tercih etmek bir zorunluluktur. Kimilerine göre bilimsel kuramların başlıca amacı, hizmetlerini arzulanan bir yaşam biçiminin öğretilmesine destek olmak veya istenmeyen bir hayat tarzından vazgeçilmesini sağlamak şeklinde sunmak olabilir. Bu durumda, insan için uygun bulunan role yer veren bir dünya resmi sunmak şartıyla, gözlemlenen olguların kabataslak bir resmini veren kuramlar kabul edilebilir.

Kısaca ve ayrıntıya girmeden konuşmak adına, bir kuramın iki temel amacını ayırt edebiliriz: Aletlerin inşa edilme-

sinde kullanılmak (teknolojik amaçlar) ve insan davranışlarına doğrudan rehberlik etme amaçlı kullanılmak. Gerçekte kuramların kabul edilmesi, her zaman kuramın teknolojik değeri ile sosyolojik değeri arasındaki bir uzlaşmadan meydana gelmiştir. Bazı özel dini ve politik görüşler cesaretlendirildiği için, sosyolojik değerin insan davranışları üzerinde doğrudan bir etkisi olurken, teknolojik etki dolaylı yoldan olmuştur; teknolojik değişimler beraberlerinde, kendilerini insan davranışlarındaki değişiklikler olarak gösteren sosyal değişimleri getirir. 19. yüzyıl İngiltere'sindeki "sanayi devrimi" ve beraberinde getirdiği insan davranışlarındaki değişikliklerden herkesin haberi vardır. Muhtemelen içinde bulunduğumuz yüzyılda atomik teknolojinin yükselmesi de insan hayatında benzeri değişimlerin ortaya çıkmasına sebep olacaktır.

Çok sayıda bilim insanı ve eğitimci, tarihin bazı "karanlık" dönemlerinde bilimsel kuramların teknolojik ve sosyolojik amaçları arasında bir çekişme olduğuna ve bu durumun hala bazı "karanlık" ülkelerde devam ettiğine, fakat bilimin, özellikle de özgür bilimin gelişmesiyle bu çekişmenin büyük oranda ortadan kalktığına inanırlar. Bu düşünceye göre, geçerli olanın hangi kuram olduğu, artık "bilimin yöntemini" kullanarak, tartışmaya yer bırakmayacak şekilde belirlenebilir. Yüksek genelliğe sahip kuramlar ile öncülleri göz önünde bulundurursak, bu düşünce kesinlikle hatalıdır. Mesela, 20. yüzyıl fiziğinde kuantum teorisinin ilkelerinin belirli bir şekilde ifade edilmesinin,[12] fizikte determinizme yer verilmesinin arzulanan ahlaki yükümlülüklere yer açıp açmadığına olan inanca göre kabul gördüğü veya reddedildiğini not düşebiliriz. Birçok eğitimci ve hatta politikacı, "özgür istenç"in Newtoncı fizikle bağdaşmadığına ama kuantum teorisi ile fazlasıyla uyumlu olduğuna ikna olmuş durumdadır. Aynı zamanda, vatandaşın özgür istence inanması gerektiğini de

düşünürler ve atomaltı fiziğin nedensel olmayan ifadesinin lehinde bir etki yaratmak için çaba sarf etmişlerdir. Akıllarında hangi teknolojik amaçlar olursa olsun, asıl üzerinde durdukları bilimin sosyolojik bir amacıdır.

Bilimsel kuramların bu ikili rolü, söz konusu biyoloji olunca daha da bariz bir hal alır. Biyologların çok genel sorular karşısında takındıkları tavrı incelemek için, yaşayan organizmaların cansız maddeden gelişip gelişmedikleri sorusunu bir örnek olarak değerlendirebiliriz. Burada, kuramların teknolojik ve sosyolojik amaçları arasındaki çekişme tam anlamıyla ortaya çıkar. Önde gelen bazı biyologlar, "kendiliğinden üreme"nin oldukça muhtemel olduğunu söylerken (örn. George Wald,[13] G. G. Simpson[14]), başkaları, yaptıkları hesaplamalara göre bunun olasılığının neredeyse sıfır olduğunu iddia ederler.[15] Bilimsel yollara sadık kalırsak, bu olasılık için matematiksel fiziğin yöntemleriyle güvenilir bir değer bulamayacağımızı kolaylıkla görebiliriz. Bazıları, biyolojik kuramların insanın saygınlığını korumaları gerektiğine, aksi durumda ahlaki davranışların bilimi temel alamayacaklarına inanır. İnsan sadece maymunların değil, toprak ve taşın da soyundan geliyorsa bu saygınlık zarar görür. Başkalarıysa, kendiliğinden üreme varsayımının, doğanın bir bütün olarak ahenk içinde olduğuna olan inancın sürdürülmesine katkıda bulunacağına ve bu şekilde insanın ahlaki davranmasını destekleyeceğine inanır.

Yaptığımız değerlendirmelere göre, bilimsel bir kurama belirli bir amaç atfetmediğimiz sürece, bu kuramın geçerliliğine dair bir yargıda bulunamayız. Bu amacın yerine getirilmesi, bir kuramın kabul edilmesinin farklı ölçütlerinin ne derece karşılandığına bağlıdır; gözlemlenen olgularla hemfikir olma, sadelik ve zariflik, ortakgörüyle aynı fikirde olma, arzulanan insan davranışlarını desteklemeye uygun olma, vs.

Dolayısıyla bir kuramın geçerliliği, kelimenin dar anlamıyla "bilimsel" ölçütlerle, yani gözlemlerle aynı fikirde olma ve mantıksal tutarlılıkla değerlendirilemez. Tüm bu ölçütlerin uygulanmasından sonra, genellikle birkaç kuram arasından geriye bir seçenek kalır. Ancak "bilim"den kastımız sadece fiziksel bilim değil, aynı zamanda insan davranışlarına dair bilimler (psikoloji ve sosyoloji) ise, bu durumda birden fazla fizik kuramı arasından hangisinin belirli bir insani amacı en iyi şekilde karşıladığına karar verebiliriz.

Kısacası, fiziksel bilimlerin farklı kuramları arasında seçim yapma meselesi, genelliği yüksek olan kuramları değerlendirmek zorunda olduğumuz durumlarda, sadece bu bilimlerle sınırlı kalarak çözülemez.

Bilimini gerçekten anlamak isteyen bir bilim insanı için ortaya yeni araştırma kanalları çıkar. Bunlar bizi, bilimi genel olarak insan davranışının bir parçası olarak ele alan geniş bir alanın içine çeker. Bu yeni alanlara, alışık olduğumuz dilde bir referans çerçevesi kazandırmak istersek, bir bilim sosyolojisi veya bilimin insani altyapısından bahsedebiliriz.

Bu kitapta verilen bilim felsefesi bu pragmatik özelliğe, bilimin metafiziksel yorumlarının ele alındığı bölümlerde değinir (7. ve 10. Bölümler).

Bilim, metafiziksel yorumları aracılığıyla, sıklıkla insan davranışının doğrudan bir rehberi olarak hizmet etmiştir. Bilim, teknik yorumlarıyla mekanik veya elektrik mühendisliğini, ya da nükleer mühendisliği desteklemiş; metafiziksel yorumlarıyla, zaman zaman "insan mühendisliği" adı verilen alana hizmet etmiştir. Bilim felsefesinin bizi önünde sonunda "bilimin pragmaları" üzerine araştırma yapmaya götüreceğini, bunun da hem fiziksel bilimleri hem biyolojik bilimleri hem de insan davranışı üzerine olan bilimleri kapsayan tutarlı bir sistemi öngördüğünü söyleyebiliriz.

NOTLAR*

1. Bölüm: Bilimi Felsefeye Bağlayan Zincir

1. Edgar Allan Poe (1809-1849), Amerikalı şair ve öykü yazarı. Çoğu zaman edebiyatı "dedektif hikâyesi" ve "bilim kurgu" ile tanıştıran adam olarak anılmıştır.
2. Walt Whitman (1819-1892), Amerikalı şair. 1855'te en önemli şiir koleksiyonu olan *Leaves of Grass*'ı [Çimen Yaprakları] yayımladı. Şiirlerinin "ilham kaynağı"nın demokrasi olduğunu ve "demokrasinin siyasetten çok daha ileriye... felsefe ve teolojiye bile uzandığını" söyledi.
3. Charles Sanders Peirce (1839-1914), Amerikalı filozof, mantıkçı ve bilim insanı. 1878'in Ocak ayında *Popular Science Monthly*'de yayınlanan bir makalesinde pragmatizmin ilkelerine yer verdi ve büyük ihtimalle bu felsefi okulun kurucusu oldu.
4. *The Monist* (1891), bilim felsefesi dergisi.
5. Auguste Comte (1798-1857). 1830'da başlayıp 1842'de tamamladığı, en önemli kitabı olan *Cours de Philosophie Positive* [Pozitif Felsefe Dersleri] Paris'te yayımlandı.
6. Auguste Comte, *Positive Philosophy* [Pozitif Felsefe], Harriet Martineau tarafından serbest çevrilmiş ve kısaltılmıştır (New York: E. Blanchard, 1858), 2. Cilt.
7. Susanne Katherina Knauth Langer, *Philosophy in a New Key* (Cambridge: Harvard University Press, 1942). 1948'de Mentor Book olarak yeniden basıldı. Yazar Amerikalı bir filozof ve mantıkçıdır.
8. *Age.*, s. 15, Mentor Book baskısında.

---

* Köşeli parantez içerisinde verilen bilgiler, çevirmen tarafından eklenmiştir. (çev.)

9. Aziz Thomas Aquinas, *Summa Theologica,* 1. Bölüm, 16. Soru, *On Truth* [Doğruluk Üzerine], Birinci Makale. Great Book Foundation ince kapak bir baskıda *Summa Theologica*'nın kısa bir bölümünü, *St. Thomas, On Truth and Falsity, On Human Knowledge* [Aziz Thomas, Doğruluk ve Yanlışlık Üzerine, İnsan Bilgisi Üzerine] başlığı altında yayımladı.
10. Amerikalı filozof. Bilim felsefesi üzerine, özellikle de bilim felsefesi ile belirli bir grubun siyaset felsefesi arasındaki karşılıklı ilişki konusunda özgün fikirler geliştirmiştir.
11. F. S. C. Northrop, *The Meeting of East and West* [Doğu ile Batı'nın Buluşması] (New York: The Macmillan Company, 1946), 10. Bölüm.
12. Aristoteles (MÖ 384-322), Yunan filozof. Ölümünden çok kısa süre sonra, Aristoteles'in öğrencisi olan ünlü fatih ve lider Büyük İskender ile İskender'in Yunanlılar arasındaki düşmanı, ünlü hatip Demosthenes de ölmüştür. Aristoteles, tüm zamanlarda bilim ve felsefenin önde gelen bir ismi olmuştur. Bilimdeki yeri çoğu zaman yanlış anlaşılmış ve önemsiz gösterilmiştir. Mesela, Will Durant 1926 tarihli ve belki de felsefenin en iyi popüler sunumu olan *The Story of Philosophy* [Felsefenin Öyküsü] kitabında şöyle yazar: "Aristoteles'in teleskopsuz astronomisi... ... çocukça bir maceradır."
13. Aristoteles, *Physics* [Fizik], *The Works of Aristotle*'dan [Aristoteles'in Eserleri], çeviren W. D. Ross (Londra: Oxford University Press, 1908-1952)
14. *Age.*
15. Isaac Newton 1700 civarında yaşadı ve çalıştı (1642-1727). Fiziksel dünyadaki tüm değişim ve olayları anlamaya temel sağlamış olan Newtoncı hareket kanunlarını geliştirdi. 20. yüzyılın başlarına kadar bu kanunlarda hiçbir köklü değişiklik yapılmadı.
16. Gregor Mendel (1822-1884), genetiğin temel yasalarını (kalıtım kuramı) geliştiren Avusturyalı rahip. Bu yasalarla, örneğin sarı ve yuvarlak bir bezelye ile yeşil ve kırışık bir bezelyeyi çaprazlamanın sonuçlarını öngörebiliriz. Bu kuram (Mendelci Genetik) 1866'da yayımlandı.
17. "Skolastik Felsefe", ortaçağın antik Yunan düşüncesinde, özellikle de Platon ve Aristoteles'in öğretilerinde, Hristiyanlıkla uyumlu olmaları için değişimler yapılmasıyla meydana gelmiştir. Bu "büyük gelenek" Aziz Augustine (354-430) ile gelişmeye başlamış ve altın

çağını Aziz Thomas Aquinas ile 13. yüzyılda yaşamış, 14. ve 15. yüzyıllarda daha kuşkucu ve esnek bir hal almıştır. Bu "geç dönem skolastik felsefe" on altıncı yüzyılda başlayan bilim çağının yolunu yapmıştır.

18. "Pozitivizm" adı aslen Auguste Comte'un "pozitif felsefe"sine verilmişti (*bkz.* 5. dipnot). Pozitivizm, Richard von Mises'in *Positivism, An Essay in Human Understanding* [Pozitivizm, İnsan Anlığına Dair Bir Deneme] kitabında daha çağdaş ve geniş anlamda anlatılmıştır. Kitap Jeremy Bernstein ve Rodger Newton tarafından tercüme edilmiştir (Cambridge: Harvard University Press, 1951). Kitabın Almanca aslı olan *Kleines Handbuch des Positivismus* 1938 yılında yayımlanmıştır.
19. Pragmatizm öğretisi 1878'de Charles S. Peirce tarafından bilgi kuramına dahil edilmiştir.
20. Hans Reichenbach (1893-1953) fizik alanında eğitim aldı. Bu yüzyılın ilk yarısında bilim felsefesini kuran insanların en önde gelen ve yetkin olanlarından biridir. Görelilik kuramı, kuantum teorisi ve olasılık kuramı, mantıkçı-deneysel ve felsefi temellerinin önemli kitaplarını ona borçludurlar. Son çıkan kitabı, *The Rise of Scientific Philosophy* [Bilimsel Felsefenin Doğuşu] (Berkeley: California University Press, 1951) bu alanların günümüzdeki durumları ve tarihsel alt yapılarıyla ilgili kısa ve neredeyse herkesin anlayabileceği bir inceleme içerir.
21. Platon (MÖ 427-347), en büyük Yunan filozoflardan biriydi. Platon'un ünlü İdealar Kuramı, duyularımızla algılanan yüzeysel görüngülerin ardında genellemeler, düzenlilikler ve yön algıları (değerler) olduğunu varsayarak başlar. Yüzeysel görüngüler duyularımızla algılanırken, idealar (genellemeler, düzenlilikler ve değerler) us ve düşünce ile kavranırlar. Platon'un kuramına göre, bu "idealar" duyularımızla algıladığımız tikel şeylerden daha "daimi" ve "hakiki"dirler.
22. Reichenbach, *age.*, 2. Bölüm, s. 20.
23. Aziz Thomas Aquinas 13. yüzyılda İtalya'da yaşadı (1225-1274). Aristotelesçi felsefeyi temel alarak Hristiyan teolojisi ile uyumlu, tutarlı bir sistem geliştirdi. Roma Katolik Kilisesi'ni temsil eden filozof oldu. Daha sonra gelen skolastik filozoflardan farklı olarak, Tanrı'nın varlığını ve özelliklerini usun ışığında, ilahi kitaplara baş-

vurmadan türetmeye çalıştı. Ortaçağ düşüncesinde "rasyonalizm" akımının en önemli temsilcisidir.

24. Aziz Thomas Aquinas, *Summa Theologica,* Fathers of the English Dominican Province [İngiliz Dominiken Rahipler] tarafından tercüme edilmiştir (New York: Benziger Brothers, 1947), 1. Bölüm, XVI. Kısım, 2. Makale, 1. İtiraz.
25. *Age.* 1. Bölüm, 1. Soru, *Knowledge of the Divine Persons* [Kutsal Kişilerin Bilgisi], 1. Makale, 2. İtiraza Cevap. Aziz Thomas'ın bu ayrımı yapmaktaki amacı Tanrı'nın var olduğunun ispatları ile Teslis'in var olduğunun ispatlarını birbirinden ayırmaktı. Aziz Thomas'a göre Tanrı'nın varlığını, insan usu kendinde apaçık ilkelerden mantıksal olarak türetebilir. Fakat Teslis'e olan inancın yalnızca makul sonuçları olduğu gösterilebilir ve "var olduğu" insan aklıyla değil, sadece vahiy ile ispatlanabilir.
26. *Age.*
27. *Laws, The Dialogues of Plato* [Yasalar, Platon'un Diyalogları], XII. Kitap, s. 967, Benjamin Jowett çevirisinde (New York: Charles Scribner's Sons, 1871) Platon, gökcisimlerinin "ruhları ve akılları olmasaydı, hiçbir zaman böylesine mükemmel bir sayısal kesinlikle hareket edemezlerdi" diye iddia eder. Bu durumda Güneş'in ve yıldızların maddi doğasını öğreten herkes, dinsizlik ve ateizme neden olur. Aynı diyaloğun X. Kitabı, s. 907, 908'de Platon dinsizliğe ağır cezalar uygulanmasını teklif eder.
28. Platon, *Republic* [Devlet], VII, 527-530.
29. Pierre Duhem (1861-1916), en önde gelen bilim felsefecileri ve tarihçilerinden birine dönüşen Fransız fizikçi.
30. Pierre Duhem, *Systeme du Monde* [Dünyanın Sistemi] (Paris: Hermann et fils, 1913), 1. Parça, 2. Bölüm, 13. Kısım, s. 100 vd.

2. Bölüm: Zincirin Kopuşu

1. *Bkz.* 1. Bölüm, 25. sonnot.
2. Ohm'un kanununu, yani "bir devredeki elektrik akım şiddetinin, iletkendeki dirençle orantılı olduğu"nu, 1827 yılında, Alman fizikçi George S. Ohm (1787-1854) geliştirmiştir.
3. Bu yasaya göre, iki mekanik kütle birbirlerine aralarındaki mesafenin karesiyle ters orantılı bir kuvvet uygularlar. Isaac Newton tarafından 1685'te geliştirilmiştir.

4. Elektromanyetik alanın diferansiyel denklemlerini, İngiliz fizikçi James Clerk Maxwell (1831-1879) geliştirmiştir.
5. *Bkz.* 1. Bölüm, 16. sonnot.
6. Tanecik kuramı (balistik kuram da denir), bir ışık demetinin, mekanik yasalarına göre hareket eden küçük maddi parçacıklardan meydana geldiğini varsaydı. Dalga kuramı ise, ışığın yayılmasının, ses dalgalarını havada veya su dalgalarının okyanusta yayılması gibi, dalgaların boşluksuz bir ortamda yayılması olarak ele alınması gerektiğini varsaydı.
7. Aristoteles'in özgün öğretisiyle tanışmanın en iyi yolu, *On the Heavens* (De Caelo) [Gökler Üzerine] adlı kitabını okumaktır. *The Works of Aristotle* [Aristoteles'in Eserleri], editörü W. D. Ross (Londra: Oxford University Press, 1908-1952).
8. Önde gelen Alman fizikçi, fizyolog ve psikolog Hermann von Helmholtz, *On the Conservation of Energy* [Enerjinin Korunumu Üzerine] (1847) adlı ünlü makalesinde şöyle yazmıştır: "Fiziksel bilimin işi, doğanın tüm görüngülerini en sonunda çekme ve itme kuvvetlerine indirgemektir. ... Bu mesele çözülmeden doğanın kavranabilir olduğuna emin olamayız."
9. Alfred North Whitehead (1861-1947), *Science and the Modern World* [Bilim ve Modern Dünya] (New York: Macmillan Company, 1925), 1. Bölüm. Yayıncının izniyle kullanılmıştır. İngiliz matematikçi ve filozof. 1924'te, Harvard Üniversitesi'nde felsefe profesörü olmak için Atlantik'i aştı.
10. *Age.*
11. William James (1842-1910), Amerikalı psikolog ve filozof; pragmatizm akımının öncüsü.
12. William James, 1907'de Boston'da Lowell Enstitüsü'nde verdiği Pragmatizm Dersleri. New York ve Londra'da yayımlandı (1907). James, birinci derste "bu iki kişilik türü"ne örnek olarak şu karşıtlıkları verir: "rasyonel" (ilke ile ilerleyen) ve "ampirik" (olgularla ilerleyen); idealist ve materyalist; dogmatik ve şüpheci; "özgür istenççi" ve kaderci.
13. Gustavo Giovannoni, *The Legacy of Rome* [Roma'nın Mirası], editörü Cyril Bailey (Londra: Oxford University Press, 1923), s. 433. Yazar Roma'daki Uygulamalı Mühendislik Okulu'ndadır.

14. Aristoteles, *Politics* [Politika], *The Works of Aristotle*'dan [Aristoteles'in Eserleri], editörü W. D. Ross (Londra: Oxford University Press, 1908-1952), 1. Kitap, 5.
15. *Age.*
16. Plutarch (MS 46-120), Yunan biyografi yazarı ve tanınmış filozof. Kırk altı paralel hayat hikâyesi yazdı; bunlar çiftler halinde biyografilerdi ve bir Yunanlı ile bir Romalıyı birlikte ele alıyorlardı. *Plutarch's Lives* [Plutarch'ın Yaşamları], çevirenler John Langhorn ve William Langhorn (New York: Harper and Brothers, 1846). Seçme bir baskı, ("Pericles"i içeren) bir Mentor Book olarak basıldı.
17. Pericles (MÖ 490-429), ünlü Atinalı lider. Kendi döneminde Atina'da sanatın yükselmesini sağlamıştır. Phidias ve başka büyük sanatçıların hamisiydi.
18. Phidias (MÖ 500-434 civarı), Yunan heykeltıraşlarının en büyüklerinden kabul edilir.
19. Anacreon, Yunan lirik şairi, MÖ 560 civarında doğdu.
20. Marcellus, MÖ 212'de Syracuse'u ele geçiren Romalı general. Biyografisi Plutarch tarafından yazılmıştır (*bkz.* 16. sonnot).
21. Arşimet (MÖ 287-212), Syracuse, Sicilyalı Yunan matematikçi ve mucit.
22. *Bkz.* 20. sonnot.
23. Plutarch, Marcellus'un biyografisi, *age.*
24. Whitehead, *age.*
25. *Age.*
26. Eksantrikler ve episiklller, Yunan astronomisinde ilk önce Apollonius tarafından kullanılmış; daha sonra Hipparchus (MÖ 130 civarı) ve Batlamyus (MS 130) tarafından geliştirilmişlerdir.
27. Roger Bacon (1214-1298 civarı), Aziz Thomas Aquinas'ın çağdaşıydı.
28. Roger Bacon, *Opus Magnus* [Büyük Eser], editörü J. H. Bridges (Londra: Oxford University Press, 1897), 2. Cilt, s. 169-170.
29. *Bkz.* Giriş, 8. Dipnot.
30. James Bryant Conant, "Scientific Discoveries May Be Disregarded" [Bilimsel Keşifler Yok Sayılabilirler"], *Science and Common Science* [Bilim ve Yaygın Bilim], (New Haven: Yale University Press, 1951), 7. Kısım.
31. François Jean Dominique Arago (1786-1853), Fransız Fizikçi. 1850'de, ışığın tanecik kuramı ile dalga kuramı arasında seçim yapmak için "kritik bir deney" tasarladı.

32. Albert Einstein, *Annalen der Physik*, 17 (1905).
33. Pierre Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory* [Fiziksel Kuramın Amaç ve Yapısı], çeviren P. Wiener (Princeton: Princeton University Press, 1954), 2. Kısım, 5. Bölüm, 3. Kısım.
34. Einstein, *age.*
35. Francis Bacon, Baron Verulam (1561-1626), İngiliz filozof ve politikacı.
36. Francis Bacon, *Descriptio Globi Intellectualis* [Bilinebilir Dünyanın Bir Tarifi] (muhtemelen 1612'de yazılmış). *Bkz. The Philosophical Works of Francis Bacon* [Francis Bacon'ın Felsefi Eserleri], editörler Ellis ve Spedding (Londra, 1857).
37. Örn. H. V. Gill'in, Thomistik felsefenin bakış açısıyla yazılmış *Facts and Fiction in Modern Science* [Modern Bilimde Olgular ve Kurgular] (1944) kitabında.
38. William Whewell, *History of The Inductive Sciences* [İndüktif Bilimlerin Tarihi] (Londra, 1847) kitabında, 2. Cildin 6. Kitabının 3. Bölümünün 3. Kısmında, Newtoncı kuramın nasıl karşılandığına dair "burgaçlar sisteminin bir veya diğer haline bağlı kalan Leibniz, Bernoulli, Huygens gibi, matematiksel becerileri sayesinde bu kuramın ispatlarını kavramaya en uygun olanlarda bile ilginç bir bakış açısının bunu bir sistem olarak kabul etmeyi engellediğini" yazar. Bu tavrın başlıca sebebi, eylemsizlik yasasına karşı duydukları hoşnutsuzluktu. Bu sebep, 7. Bölümün 6. Kısmında ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Leibniz kendi görüşlerini *Selections* [Seçmeler] kitabının, *Letters to Samuel Clarke*, 1715-1716, *On Newton's Mathematical Principles of Philosophy* [Samuel Clarke'a Mektuplar, 1715-1716, Newton'ın Matematiksel Felsefe İlkeleri Üzerine] bölümünde sunar; editörü Philip Wiener (New York: Charles Scribner's Sons, 1951), s. 216 vd.
39. Isaac Newton'ın, Leibniz'e yazdığı bir cevaptan, *Memoirs of Literature* (1712), XVIII.
40. *Bkz.* 3. Bölüm, 10 Kısım; 4. Bölüm, 6. ve 7. Kısımlar; 13. Bölüm, 4. Kısım.
41. "Anlambilimsel kurallar", semboller arası ilişkileri, ortakgörü dilimizde bir anlamı olan önermelere bağlarlar.
42. "Yadsınamaz gerçekler" ile çalışmayı tercih edip genellemelere güvenmeyen bilim insanları, görelilik kuramının veya biyolojideki Darwinci kuramın "bilimsel olmadığını" düşüneceklerdir. Her insa-

nın kendi "hassas noktaları" olduğundan (*bkz.* 12. sonnot), bu bilim insanları çocukluklarında öğrendikleri genellemelerle sınırlı kalarak tatmin olacaklardır.

43. René Descartes, *Principles of Philsophy* [Felsefenin İlkeleri], özgün Latince baskı, 1644, Fransızca tercüme, 1647.
44. *Bkz.* 7. Bölüm, 1. ve 4. Kısımlar.
45. *Age.*
46. *Bkz.* 21. sonnot.
47. Ernst Mach (1838-1916), Avusturyalı fizikçi, psikolog ve filozof. Arşimet'in kaldıraç kuramı üzerine olan tartışma, Mach'ın *Science of Mechanics* [Mekanik Bilimi] (1883) kitabından alınmıştır.
48. Thales (MÖ 600 civarı), suyun asıl madde olduğunu düşünüyordu; Anaximenes ise (MÖ 550 civarı) havayı ve Heraclitus da (MÖ 500 civarı) ateşi seçti.
49. Tümevarımın bilimdeki rolü, 13. ve 14. Bölümlerde detaylı bir şekilde olarak değerlendirilmiştir.
50. Yeni genel ilkelerin nasıl bulunabileceğini ayrıntılı olarak araştıracak olursak, eylemsizlik yasası veya görelilik ilkesi gibi ilkelerin herhangi bir formel yöntemle (dedüktif veya indüktif) icat edilemeyeceğini açıkça görürüz; bunlar yalnızca "hayal gücü" adı da verilen, bazen de adına "sezgi" denilen belirli bir miktar icat gücü kullanılarak keşfedilebilirler. Einstein, Spencer Dersinde bu noktayı şiddetle vurgulamıştır (*bkz.* 54. sonnot).
51. Herbert Dingle, önde gelen İngiliz bir astrofizikçi ve bilim felsefecisidir. University College London'da bilim tarihi ve felsefesi üzerine bir eğitim programı düzenlemiştir. Bu program, çok sayıda başka enstitü için örnek olmuştur.
52. Herbert Dingle, "The Nature of Scientific Philosophy" [Bilimsel Felsefenin Doğası], *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* (1949), 62, 4. Bölüm, s. 409.
53. *Age.*
54. Albert Einstein, *On the Methods of Theoretical Physics* [Kuramsal Fiziğin Yöntemleri Üzerine], 1933'te Oxford'da yaptığı Herbert Spencer Dersi, tekrar basımı *The World as I See It* [Benim Gözümden Dünya], çeviren Alan Harris (Toronto: George McLeod, Ltd., 1934).
55. Herbert Dingle, *age.*, s. 403.

56. Edouard Le Roy (1870- [1954]), Fransız filozof, "Science et Philosophie" [Bilim ve Felsefe], *Revue de Metaphysique et du Monde* (1899), 1, 375 vd.
57. Philipp Frank, "Metaphysical Interpretations of Science" [Bilimin Metafiziksel Yorumları], 4. Kısım, "Science and Common Science" [Bilim ve Yaygın Bilim], *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1. Sayı.

3. Bölüm: Geometri: Bilime Bir Örnek

1. "The Architecture of Theories" [Kuramların Mimarisi] makalesinde, *The Monist* (1891).
2. Platon, *Republic* [Devlet], 6. Kitap, *The Dialogues of Plato* [Platon'un Diyalogları], çeviren Benjamin Jowett (New York: Charles Scribner's Sons, 1871), 525B vd. Mentor baskısında *Republic*'in bir çevirisi var. Platon, geometri ve matematik çalışmanın, felsefenin kaçınılmaz öncülleri olduğu üzerinde önemle durmuştur.
3. Peirce, *age.*
4. *Age.*
5. René Descartes, *Discourse on Method* [Yöntem Üzerine Konuşma], çeviren John Veitch (Chicago: Henry Regnery Company, 1949), 1. Bölüm, s. 17-18.
6. *Age.*
7. *Age.*
8. *Age.*
9. Blaise Pascal (1623-1662), Fransız bilim insanı ve filozof. Bilim üzerine yaptığı yorum, kişiliğin tamamının bu etkinliğe dahil olduğunu göstermeyi amaçlıyordu. "Kalbin kendi nedenleri vardır; bunları us bilmez," diye yazmıştır.
10. Blaise Pascal, "The Difference Between the Mathematical and the Intuitive Mind" [Matematiksel Akıl ile Sezgisel Akıl Arasındaki Fark], *Pensées (Thoughts)* [Düşünceler], çeviren W. S. Trotter (New York: Modern Library, 1941), 1. Kısım, s. 1.
11. A. C. Ewing'e göre, *Idealism: A Critical Survey* [İdealizm: Eleştirel Bir İnceleme] (Londra: Methuen & Co., 1933), Kant bir "idealist"tir; çünkü fiziksel nesneleri idealizme özgü yollarla değerlendirmiştir; onları insan deneyimindeki öğelere indirgemiş ve realist olana sadece bilinemeyen kendinde şeyi bırakmıştır.

12. Kendisine "rasyonalist" denilmiştir, çünkü maddi dünyaya dair genel önermelerin, duyu deneyimi olmadan, usun gücüyle bulunabileceğine inanıyordu. Bu anlamda görüşleri Aziz Thomas Aquinas tipi skolastik filozofların görüşlerine yakındı.
13. Bir önerme, sadece mantık ile kanıtlanamıyorsa "sentetik"tir. Eğer doğruluğu duyu gözlemleri olmadan gösterilebiliyorsa *"a priori"*dir. Kant'a göre, matematiksel yargılar (7+5=12 gibi) "sentetik" ve *"a priori"*dir.
14. Immanuel Kant, *Prolegomena to Any Future Metaphysics* [Gelecekteki Tüm Metafiziklere Giriş], İngilizce baskının editörü Paul Carus (Chicago: Open Court Publishing Company, 1902), 4. Kısım.
15. Wooster Bemann ve David E. Smith, *New Plane and Solid Geometry* [Yeni Düzlem Geometrisi ve Çok Yüzlülerin Geometrisi] (Boston: Ginn and Company, 1899).
16. Descartes, geometrinin temellerine dair görüşlerini ilk olarak, ölümünden sonra 1701 yılında yayımlanan *Aklın Yönetimi İçin Kurallar* kitabında, 4. ve 14. kurallarda sunmuştur. 1644'te *Felsefenin İlkeleri* kitabını yayımladı. 197 ile 200. İlkeler arasında, doğadaki bütün görüngüleri şekil, büyüklük ve hareketi kullanarak yorumlamıştır.
17. John Stuart Mill (1806-1873), İngiliz filozof ve ekonomist.
18. John Stuart Mill, *A System of Logic* [Bir Mantık Sistemi] (1843), 2. Kitap, 5. Bölüm.
19. Kant, *age.*
20. Öklid, Yunan matematikçi; Platon'dan daha genç, Arşimet'ten daha yaşlıydı. Temel eseri olan ve Öklid'in dedüktif geometri sistemini içeren *The Elements* [Elementler] MÖ 325 civarında yazıldı.
21. Gayri-Öklidyen geometri Nikolai I. Lobatchevski ve Wolfgang Bolyai tarafından geliştirilmiş, bu ikisi ise ilhamlarını Karl Friedrich Gauss'tan almışlardır.
22. Nikolai Ivanovich Lobatchevski (1793-1856), Rus matematikçi.
23. Wolfgang Bolyai (1775-1856), Macar matematikçi.
24. Rudolf Carnap, Amerikalı mantıkçı ve filozof, *Formalization of Logic* [Mantığın Formelleştirilmesi] (Cambridge: Harvard University Press, 1943), Giriş.
25. William Kingdon Clifford (1845-1879), İngiliz matematikçi ve filozof. En önemli kitabı olan *The Common Sense of the Exact Sciences* [Matematiksel Bilimlerin Ortak Görüsü] ilk defa 1875'te yayımlandı.

Yeni bir baskısı, 1946'da New York'ta, Alfred A. Knopf, Inc tarafından yapıldı.

26. David Hilbert (1862-1948), Alman matematikçi. *Foundations of Geometry* [Geometrinin Temelleri] kitabı (Leipzig, 1899), modern belitsel yöntemin başlangıcı oldu.
27. Henri Poincaré (1854-1912), Fransız matematikçi, astronom ve filozof.
28. Francis Bacon, *Novum Organum* [Tam başlığı: *Novum Organum Scientiarum (Bilimsel Keşiflerin Yeni Yöntemi)*], I, 14 ve I, 11.
29. Louis Rougier, Fransız filozof, *La Philosophie Geometrique de Henri Poincaré* [Henri Poincaré'nin Geometrik Felsefesi] (Paris: F. Alcan, 1920).
30. Bernhard Riemann (1826-1866), Alman matematikçi, *On the Hypothesis upon Which Geometry Is Founded* [Geometrinin Temelindeki Hipotez Üzerine] (1867).
31. Hermann von Helmholtz (1821-1894), Alman fizikçi, fizyolog ve filozof.
32. Emile Borel (1871- [1956]), Fransız matematikçi ve politikacı.
33. Giuseppe Veronese (1854-1917), İtalyan matematikçi. *Elements of Geometry*'i yayımladı [Geometrinin Öğeleri] (Verona, 1897).
34. Federigo Enriques ve Umberto Amaldi, *Elementi di Geometria* [Geometrinin Öğeleri] (Bologna: Zanichelli, 1905). Enriques bir matematikçi olmanın yanında, bilim tarihi ve felsefesi alanında da saygın bir yazardı.
35. Albert Einstein (1879-1955). "Geometry and Experience" [Geometri ve Deneyim] başlıklı konuşmasını, ilk önce, 1921'de Prusya Akademisi'nde (Berlin) yaptı. Konuşmanın İngilizce tercümesi *Sidelights on Relativity* [Görelilik Üzerine Notlar] kitabında yer aldı, çeviren G. B. Jeffrey ve W. Perrett (New York: E. P. Dutton & Co., Inc., 1921) ve (Londra: Methuen ve Co., Ltd.).
36. Moritz Pasch (1843-1931), Alman matematikçi.
37. *Bkz.* 27. sonnot.
38. Einstein, *age.*
39. P. W. Bridgman, *Logic of Modern Physics* [Modern Fiziğin Mantığı] (New York: The Macmillan Company, 1927).
40. Rougier, *age.*
41. Hermann von Helmholtz, *Popular Letures on Non-Scientific Subjects* [Bilimsel Olmayan Konular Üzerine Popüler Dersler], çeviren E. Atkinson (Londra: Longmans, Green & Company, 1873)

4. Bölüm: Hareket Yasaları

1. Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300-1800* [Modern Bilimin Kökleri, 1300-1800] (Londra: George Bell & Sons, Ltd., 1950).
2. *Bkz.* 4. Bölüm, 23. sonnot.
3. Dante Alighieri (1265-1321), İtalyan şairlerinin en büyüğü. En önemli eseri olan *The Divine Comedy*'de [İlahi Komedya], Cehennem, Araf ve Cennet'ten geçen yolculuğunu anlatır. Şair Virgil, Dante'ye iki alt tabakada eşlik ederken, Cennet'in sınırında onu Beatrice teslim alır; Beatrice, ikisi de dokuz yaşındayken tanıştığı bir kızdır. Ona olan aşkı her zaman hayaller âleminde var olmuştur; bunu *Vita Nouva*'sında (New Life) [Yeni Hayat] anlatır. Dante, skolastik felsefeye derin bir ilgi duyuyordu ve Aziz Thomas Aquinas'ın *Summa Theologica*'sını çalışmıştı.
4. Werner Jaeger, *Aristotle* [Aristoteles], çeviren Richard Robinson (Oxford: Clarendon Press, 1950).
5. Aziz Thomas Aquinas, *Summa Contra Gentiles*, çeviren Antoni Pegis (Garden City: Image Books, 1955), 1. Cilt, 13. Bölüm.
6. Musa ibn Meymun (1135-1204), Yahudi skolastik filozof. Temel eseri *Guide of the Perplexed*'dir [Şaşkınlara Rehber], çeviren Leon Roth (Londra: Hutchinson's Home University Library, 1948).
7. Aristoteles, *On the Movements of Animals* [Hayvanların Hareketleri Üzerine], *The Works of Aristotle*'dan [Aristoteles'in Eserleri], çeviren W. D. Ross (Londra: Oxford University Press, 1908-1952), 5. Cilt. Bu küçük kitabı çalışmak, hareketin organizmik kuramını anlamaya yardımcı olacaktır; çünkü kitap organizmaların hareketlerinden yola çıkarak, gök cisimlerinin hareketlerini anlamaya çalışır.
8. Aristoteles, *Physics* [Fizik], *age.*, 2. Cilt, 8. Kitap
9. *Bkz.* 2. Bölüm, 39. sonnot.
10. David Hume (1711-1776), İngiliz filozof, tarihçi ve politik ekonomist. "İstem" ve "neden sonuç ilişkisi" üzerine olan paragraflar, yazarın *An Inquiry Concerning Human Understanding* [İnsanın Anlaması Üzerine Bir Araştırma] adlı eserinden alınmıştır (Chicago: Open Court Publishing Company, 1949). Bu kitap ilk önce *Philosophical Essays* [Felsefi Denemeler] adıyla basılmıştır.
11. Auguste Comte, *Positive Philosophy* [Pozitif Felsefe], çeviren Harriett Martineau (Londra: George Bell & Sons Ltd., 1896), 3. Kitap (Kimya), 1. Bölüm.

12. Niels Bohr (1885- [1962]), Danimarkalı fizikçi. "Atom modeli"ni 1917'de geliştirdi. Bu model, Einstein ve Planck'ın kuantum teorisi üzerine fikirleriyle birlikte, bilim tarihinde yeni bir dönem başlattı. Bohr'un çalışmaları, 8, 9 ve 10. Bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.
13. Nicolaus Copernicus (1473-1543). Temel eseri olan *Revolutions of the Celestial Bodies* [Gök Cisimlerinin Hareketleri], 1530 civarında tamamlanmış, fakat ölümünden sonra yayımlanmıştır. Çalışmasında "organizmik" argümanlar kullanmıştır; örn. tıpkı en parlak lambanın odanın ortasına yerleştirilmesi gibi, en parlak cisim olan Güneş'in, Evrenin merkezinde olduğunu kabul etmek "asil" bir varsayımdır.
14. Galilei, Galileo (1564-1642). *Dialogues Concerning Two New Sciences* [İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar] kitabının, dördüncü Diyalog'una girişinde eylemsizlik yasasını şu şekilde formülleştirir: "Herhangi bir parçacığın, sürtünmesiz yatay bir düzlem boyunca ilerlediğini hayal edin. Bu durumda biliriz ki ... bu parçacık, düzlemin sınırları olmaması koşuluyla, aynı düzlem boyunca, düzgün ve daimi bir hızla hareket etmeye devam edecektir."
15. Newton'ın *Mathematical Principles of Natural Philosophy* [Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri] (1687) kitabında, eylemsizlik yasası, hareket yasalarının birincisi olarak formülleştirilmiştir. Bir cisim, üzerine onu durumunu değiştirmeye zorlayan bir kuvvet etki etmediği sürece, duruyorsa durmaya, hareket ediyorsa bir doğru boyunca düzgün hareket etmeye devam eder.
16. Giordano Bruno (1548-1600), İtalyan filozof. Sayısız dünyalar olmasını imkanlı kılan Copernikçi astronomiyi, Aristotelesçi astronomiye tercih etti. Panteizme eğilimi vardı ve 1600'de kazığa bağlanıp yakıldı.
17. Newton, birinci yasaya ek olarak (15. sonnotta alıntılanmıştır), ikinci yasayı şöyle formülleştirmiştir: Momentumdaki değişim oranı, uygulanan kuvvetle orantılıdır.
18. *Bkz.* 3. Bölüm, 27. sonnot.
19. Ludwig Wittgenstein (1899-1950), Avusturyalı filozof. Hayatının büyük bölümünü İngiltere'de geçirdi ve 1939-1947 yılları arasında, Cambridge Üniversitesi'nde felsefe profesörüydü. *Tractatus Logico-Philosophicus* (1921) kitabının iki dilli bir baskısı yapıldı (Almanca

ve İngilizce) (New York: Harcourt, Brace & Company, Inc., 1933). Kitabın "Viyana Çevresi" üzerindeki etkisi büyüktür.
20. Titus Lucretius Carus (MÖ 98-55), Romalı şair ve filozof. En önemli didaktik destanı *On the Nature of Things* [Şeylerin Doğası Üzerine], Epikür'ün felsefesini etkileyici dizelerle anlatır, çeviren W. H. D. Rouse (Cambridge: Harvard University Press, 1941).
21. Ernst Mach, *Mechanics and Its Evolution* [Mekanik ve Evrimi], İngilizce tercümesindeki başlığı, *The Science of Mechanics* [Mekanik Bilimi] (Chicago: Open Court Publishing Company, 1893). Newton'ın ilkelerine yönelttiği eleştiriler 2. Bölüm, 6 ve 7. Kısımlarda yer almaktadır. İlk Almanca baskısı 1883'te yapıldı.
22. Sir Joseph John Thomson (1856-1940), İngiliz fizikçi. *Recent Researches in Electricity and Magnetism*'i [Elektrik ve Manyetizma Üzerine Son Araştırmalar] 1893'te yayımladı. Elektrik yüklü parçacıkların kütlesi bu kitapta ele alınmıştır.
23. *Bkz.* 3. sonnot.
24. Sir Francis Bacon, *Advancement of Learning* [Öğrenmenin İlerlemesi] (1605) (Londra: Macmillan & Co., Ltd., 1917).
25. Aristoteles, *Physics* [Fizik], *age.*
26. David Gregory (1661-1708), "David Gregory, Isaac Newton and Their Circle," [David Gregory, Isaac Newton ve Çevreleri], *Extracts from D. Gregory's Handbook* [D. Gregory'nin El Kitabından Seçmeler] (Londra: Oxford University Press, 1937).
27. Isaac Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy* [Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri].
28. Lucretius, *age.*
29. Ernst Mach, *age.*

5. Bölüm: Hareket, Işık ve Görelilik

1. Aristotle, *Physics* [Fizik], *The Works of Aristotle*'dan [Aristoteles'in Eserleri], çeviren W. D. Ross (Londra: Oxford University Press, 1908-1952), 2. Cilt.
2. Aziz Augustine (354-430), bir pagan olarak doğmuş ve 387'de vaftiz edilmiştir. Entelektüel ve duygusal gelişimi üzerine yoğunlaşmış olan otobiyografisi, *Confessions* [İtiraflar], MS 400 civarında yayımlandı. Özgün Latince metin tüm yazı dillerine çevrilmiş, teoloji ile psikolojinin klasikleri arasına girmiş ve tüm dünyada yaygın ola-

rak okunmuştur. Alıntı yapılan baskısını çeviren Edward B. Pusey (Mount Vernon, N. Y.: Peter Paul Press).

3. Philipp Frank, *Einstein, His Life and Times* [Einstein, Hayatı ve Anıları], (New York: Alfred A. Knopf, Inc., 1947), 8. Bölüm, 5. Kısım, s. 178.
4. 2. Bölüm, 6. Kısım.
5. *History of Modern Philosophy* [Modern Felsefenin Tarihi] (Londra: Macmillan & Co., Ltd., 1900) kitabında, Harold Hoeffiling şöyle yazar: "Uzay, Newton'a göre, boş bir form değildir; Tanrı'nın her yerde var olmayı dünyada gerçekleştirme ve aynı zamanda şeylerin durumlarını dolaysız algılama aracıdır. "Sınırsız ve homojen" bir duyudur."
6. Leon Faucault (1819-1868), Fransız fizikçi, *Comptes Rendus de l'Academie* (1850), Sayı 30.
7. Yıldız ışıklarının yıllık sapması, James Bradley (1693-1762) tarafından 1725'te keşfedilmiş ve 1727'de açıklanmıştır.
8. İlginç bir şekilde, Einstein'ın doğduğu yıl olan 1879'da.
9. Albert Abraham Michelson (1832-1931), Almanya doğumlu Amerikalı fizikçi, 1873'te United States Naval Academy'den mezun oldu.
10. Heinrich Rudolf Hertz, (1857-1894), Alman fizikçi.
11. *Bkz.* 4. Bölüm, 22. sonnot.
12. Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), Hollandalı fizikçi.
13. Vladimir Ilyich Ulyanov Lenin (1870-1924), *Materialism and Empirio-Criticism: Critical Observations on a Reactionary Philosophy* [Materyalizm ve Ampiryokritisizm: Gerici Bir Felsefe Üzerine Eleştirel Gözlemler] (1909).
14. Albert Einstein (1879-1955), 1933'ten ölümüne kadar Birleşik Devletler'de yaşamış ve çalışmış olan Alman fizikçi.
15. "Doğa bilimi" ile "doğa felsefesi"ni birbirinden ayırma çabasının tipik örneklerinden biri, Jacques Maritain'in *Philosophy of Nature* [Doğa Felsefesi] kitabıdır (New York: Philosophical Library, 1951).
16. *Bkz.* 4. Bölüm, 22. sonnot.
17. *Bkz.* 12. sonnot.
18. Max Abraham (1875-1922), Alman fizikçi.

6. Bölüm: Dört Boyutlu ve Gayri-Öklidyen Geometri

1. *Bkz.* 5. Bölüm, 6. ve 7. Kısımlar.
2. *Age.*

3. Ernst Mach, *The History and Root of the Principle of the Conservation of Work* [İşin Korunumu İlkesinin Tarihi ve Kökü] (Prague, 1872). Bu konuyu, daha sonra *Mechanics and Its Evolution* [Mekanik ve Evrimi] kitabında daha ayrıntılı ele aldı (ilk Almanca baskı, 1883). İngilizce çevirisi, *The Science of Mechanics* [Mekanik Bilimi] (Chicago: Open Court Publishing Company, 1893).
4. Isaac Newton, *Opticks*, 3. Kitap, 1. Bölüm.
5. Max Planck (1858-1947), Alman fizikçi. Minimum bir enerji miktarının var olduğu hipotezini, yani "quantum hipotezini" ilk öne süren Planck olmuştur. *Bkz. Annalen der Physik* (1901), 4. Sayı, s. 553.
6. Planck, argümanını "On Mach's Theory of Physical Knowledge" [Mach'ın Fiziksel Bilgi Kuramı Üzerine] adlı bir makalede yayımladı, *Physikalische Zeitschrift* (1910), 11. Sayı, s. 1186 vd.
7. "On the Influence of Gravitation upon the Propagation of Light" [Yerçekiminin Işığın Yayılmasına Etkisi], *Annalen der Physik* (1911), 35. Sayı, s. 898 vd.
8. Einstein, 1915'te *Berichte der Preussischer Akademie*'de, genel görelilik kuramının son halini yayımladı. Mach'ın sabit yıldızların dönmekte olan sisteminden yayılan kuvvetlerinin, aslında yerçekimi kuvvetleri olduğunu açıkça gördü.
9. Gilbert Ryle, *The Concept of the Mind* [Akıl Kavramı] (New York: Barnes & Noble, Inc., 1949).
10. *Bkz.* 1. Bölüm, 6. Kısım.
11. Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), Fransız matematikçi. Temel eseri olan *Analytical Mechanics*'i [Analitik Mekanik], 1776 ile 1796 yılları arasında Berlin'de yaptığı çalışmaların ürünüdür.
12. Hermann Minkowski (1864-1909), Alman matematikçi.

7. Bölüm: İzafi Fizik Üzerine Metafiziksel Yorumlar

1. Aristoteles, *Physics* [Fizik], *The Works of Aristotle*'dan [Aristoteles'in Eserleri], çeviren W. D. Ross (Londra: Oxford University Press, 1908-1952)
2. Aziz Thomas Aquinas, *Summa Theologica*, Fathers of the English Dominican Province [İngiliz Dominiken Rahipler] tarafından tercüme edilmiştir (New York: Benziger Brothers, 1947), 1. Bölüm, Birinci Makale, Cevap, 2. İtiraz.
3. *Bkz.* 3. Bölüm, 11. sonnot.

4. *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* (1787) (Metaphysical Principles of Natural Science) [Doğa Biliminin Metafizik İlkeleri] kitabında, 3. Bölüm, "Metaphysical Principles of Mechanics" [Mekaniğin Metafizik İlkeleri].
5. *Bkz.* 9. ve 10. Bölümler.
6. Kant, *age.*
7. James Clerk Maxwell, *Matter and Motion* [Madde ve Hareket] (Londra, 1877), 3. Bölüm, 27. Makale.
8. *Bkz.* 4. ve 5. Bölümler.
9. Ernst Mach, *The Science of Mechanics* [Mekanik Bilimi] (Chicago: Open Court Publishing Company, 1893).
10. Herbert Spencer, *Synthetic Philosophy* [Sentetik Felsefe], 2. Cilt, *First Principles* [İlk İlkeler], 2. Bölüm, 4. Kısım.
11. *Age.*, s. 352-354.
12. *Bkz.* 5. Bölüm, 8. Kısım.
13. *Bkz.* 5. ve 6. Bölümler.
14. Edmund Ware Sinnott, *Two Roads to Truth: A Basis for Unity under the Great Tradition* [Doğruya Giden İki Yol: Büyük Geleneğin Altında Birleşmenin Esasları] (New York: Viking Press, Inc., 1953).
15. Pitirim Sorokin, *Social and Cultural Dynamics* [Sosyal ve Kültürel Dinamikler] (New York: Amerikan Book Company, 1933).
16. Henri Bergson, *Time and Free Will* [Zaman ve Özgür İstenç] (Londra, 1910). (Özgün Fransızca baskısı 1888'de yapıldı.)
17. *Encyclopaedia Britannica*'daki [Britannica Ansiklopedisi] *Relativity* [Görelilik] üzerine makalesinde.
18. Lincoln Barnett, *The Universe of Dr. Einstein* [Dr. Einstein'ın Evreni] (Londra: George J. McLeod, Ltd., 1948). Bu mükemmel kitabın bir de "cep baskısı" yapılmıştır.
19. *Bkz.* 5. Bölüm, 8. Kısım.
20. Mary Baker Eddy (1821-1910), Hristiyan Bilim'in kurucusu, *Science and Health* [Bilim ve Sağlık] (Boston: Armstrong, 1897).
21. Herbert Wildon Carr, *A Theory of Monades, Outlines of the Philosophy of the Principle of Relativity* [Bir Monadlar Kuramı: Görelilik İlkesi Felsefesinin Ana Hatları] (Leiden, 1922).
22. *Bkz.* 5. Bölüm.
23. 1936 baskısında, materyalizm üzerine makalesinde.
24. Birinci, yani savaş öncesi baskısında.

25. "The Theory of Relativity as a Source of Philosophical Idealism" [Felsefi İdealizmin Bir Kaynağı Olarak Görelilik Kuramı] isimli bir makalede, *Under the Banner of Marxism* [Marksizm Bayrağı Altında] (1938).
26. *Bkz.* 9. ve 12. Bölümler.
27. *Age.*
28. Bir Nasyonal Sosyalist (Nazi) Öğrenci Birliği kampında yapılan konuşma, 1936.
29. "The New Physics and Dialectical Materialism" [Yeni Fizik ve Diyalektik Materyalizm], *Under The Banner of Marxism* [Marksizm Bayrağı Altında] (1938).
30. 5. ve 6. Bölümlerde anlatıldığı gibi.
31. Hermann Minkowski (1864-1909), Alman matematikçi.
32. *Science and the Modern World*'de [Bilim ve Modern Dünya] (New York: The Macmillan Company, 1925), 8. Bölüm. Yayıncıların izniyle kullanılmıştır.
33. *Bkz.* 5. Bölüm, 8. Kısım.
34. 1933'te Oxford'da yaptığı Herbert Spencer dersinde, *On the Method of Theoretical Physics*'te [Kuramsal Fiziğin Yöntemi Üzerine] yer aldı (Oxford: Clarendon Press, 1933).
35. İşlemsel kuramın Einstein'ın Göreliliğindeki rolü, 5. Bölümün 6. Kısmında ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.
36. İngilizce bir dergi olan *Nature*'daki bir makalede.
37. *Bkz.* 5. Bölüm, 5. Kısım.
38. Ludwig Klages (1872-[1956]), Alman psikolog ve filozof. En ünlü felsefi eseri *Der Geist als Widersacher der Seele* (The Mind as the Adversary of the Soul) [Ruhun Karşısındaki Akıl] kitabıdır (1929).

8. Bölüm: Atomik Nesnelerin Hareketi

1. Isaac Newton, *Opticks*, Birinci Kitap, 2. Bölüm, 1. Tanım. İlk baskı 1704'te yapıldı ama aslında kitap 1675'te yazılmıştı.
2. *Age.*, İkinci Kitap, 3. Bölüm, 12. Önerme ve Tanım.
3. *Age.*, 27., 28. ve 29. Sorgular.
4. *Age.*, 29. Sorgu.
5. Christiaan Huygens (1629-1695), Hollandalı fizikçi. 1678'de yazdığı ışığın dalga kuramı, ilk defa 1690'da *Traite de la Lumiere* [Işık Üzerine Bir İnceleme] kitabında yayımlandı.

6. Newton, *age.*, 28. Sorgu.
7. Foucault'dan alıntılanmıştır, *bkz.* 8. sonnot.
8. *Recueil des Travaux Scientifiques de Léon Foucault* [Léon Foucault'nun Bütün Bilimsel Çalışmaları], 1. Cilt (Paris: Gauthier-Villars, 1878).
9. Thomas Young (1773-1829), İngiliz bilim insanı. Mısır hiyeroglif yazıtlarını deşifre etme çalışmalarında ilk başarılı olanlardandır. 1801'de yaptığı *The Theory of Light and Colours* [Işık ve Renkler Kuramı] başlıklı konuşmasında, ışığın evreni dolduran ileri derece seyrek ve esnek bir ortamdaki dalgalardan meydana geldiğini ortaya koyan kuramı geliştirdi.
10. Jean Fresnel (1788-1827), Fransız fizikçi. Young'ın hipotezine nihai matematiksel biçimini verdi.
11. Pierre Duhem, *La Theorie Physique; Son Objet et Sa Structure* [Fizik Kuramı; Amacı ve Yapısı] (Paris, 1906). Çeviren Philip P. Wiener (Princeton University Press, 1954).
12. 1864'te Maxwell, elektromanyetik alan denklemlerinden, verili bir salınım devresinde, tıpkı bir mumun dışarıya ışık enerjisi vermesi gibi, elektromanyetik dalgaların da devreyi çevreleyen uzaya dağılacağı sonucuna vardı.
13. Maxwell'in öngörüsü (12. sonnot), ancak yirmi yıl sonra, Heinrich Rudolf Hertz tarafından doğrulandı.
14. Philipp Lenard (1866-1947), Alman fizikçi. Fotoelektrik etki üzerine çalışmalarıyla (*Annalen der Physik*, 8. Sayı (1902)), Einstein'ın "fotonlar" (ışık nicemleri) hipotezini geliştirmesine ilham verdi. Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra, Lenard aşırı milliyetçi ve "Nazi" bir dünya görüşünü benimsedi. Fizik yasalarına, kendi benimsediği politik, ahlaki ve dini öğretileri destekleyen felsefi yorumlar getirdi. Lenard, önde gelen bir fizikçinin kendi politik amaçlarına hizmet eden yorumlara nasıl inanabileceğinin dikkat çekici bir örneğidir.
15. Einstein'ın, Lenard'ın deneyleri üzerine yaptığı yorumlar *Annalen der Physik*'te yer aldılar, 17. Sayı (1905).
16. *Bkz.* 14. sonnot.
17. *Bkz.* 15. sonnot.
18. Bohr'un atom modeli, ilk önce *Philosophical Magazine*'de yayımlanan üç makalede yer aldı, 26. Sayı (1913).
19. Louis de Broglie, *Annalen der Physik*, 3. Sayı (1925).

9. Bölüm: Atomik Dünyanın Yeni Dili

1. "Belirsizlik İlkesi", Werner Heisenberg tarafından geliştirilmiştir, *Zeitschrift für Physik*, 43. sayı (1927). Ayrıca *bkz*. *Principles of Quantum Mechanics* [Kuantum Mekaniğinin İlkeleri], çeviren Carl Eckart ve Frank C. Hoyt (Chicago: University of Chicago Press, 1930).
2. 8. Bölüm, 5. Kısım.
3. Bohr'un bu Bölümde sunulan argümanı çoğunlukla "Discussions with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics" [Atom Fiziğindeki Epistemolojik Meseleler Üzerine Einstein'la Tartışmalar] makalesinden alınmıştır, *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* [Albert Einstein: Filozof- Bilim İnsanı], editörü Paul A. Schlipp (New York: The Library of Living Philosophers, Inc., 1949, 1951), 7. Cilt, s. 209, 210.
4. Niels Bohr, *Nature*, 121. Sayı (1928).
5. 1. Kısım'da gördüğümüz gibi.
6. *Bkz*. 3. sonnot.
7. *Age*.
8. Bridgman, *The Nature of Thermodynamics* [Termodinamiğin Doğası] kitabında (Cambridge: Harvard University Press, 1941), sanki "enerji" hareket eden bir şeymiş gibi, "enerji giriş yaptı" gibi cümleleri kullanmanın sözel zorunluluğundan bahseder.
9. Hans Reichenbach (1891-1951), *Philosophic Foundations of Quantum Theory* [Kuantum Teorisinin Felsefi Temellleri] (Berkeley: University of California Press, 1944).
10. Alfred Landé, Amerika'da bulunan Alman fizikçi. *Quantum Theory*'i [Kuantum Teorisi] yayımladı (New Haven: Yale University Press, 1955)
11. Varşova Buluşması (1938), Milletler Cemiyeti'ne bağlı Uluslararası Entelektüel İşbirliği Enstitüsü tarafından düzenlenmiştir. Bildiriler, ilk olarak 1938'de Paris'te yayımlandılar. İngilizce tercümesi, *New Theories of Physics* [Yeni Fizik Kuramları] (New York: Columbia University Press, 1938).

10. Bölüm: Atomik Dünyanın Metafiziksel Yorumları

1. *Too True to be Good* [İyi Olamayacak Kadar Doğru] oyununda.
2. *Bkz*. 4. Bölüm, 2. ve 3. Kısımlar.
3. Bernard Bavink, "The Natural Sciences in the Third Reich" [Nazi Almanyası'nda Doğa Bilimleri], *Unsere Welt*, 25. Sayı (1933), 225.

4. Jan Christiaan Smuts (1870-1950), felsefeye büyük ilgi duyan Güney Afrikalı poltikacı, *Holism and Evolution* [Holizm ve Evrim] (New York: The Macmillan Co., 1926)
5. General Smuts, 1931'de İngiliz Bilimi Geliştirme Derneği'nin yüzüncü yıl kutlamalarındaki açılış konuşmasında bu görüşü büyük bir ciddiyetle sunmuştur, *Nature*'da yayımlandı (1931), s. 521 vd.
6. Sir James Jeans, *The Mysterious Universe* [Gizemli Evren] (New York: The Macmillan Co., 1930), New Revised Edition, 1948, s.186.
7. Aloys Wenzl (1887-[1967]), Alman filozof, *Metaphysics of Contemporary Physics* [Modern Fiziğin Metafiziği] (Leipzig: Felix Meiner, 1935).
8. Bernard Bavink, *Science and God* [Bilim ve Tanrı], çeviren H. Stafford Hatfield (New York: The Century Co., 1933).
9. *Bkz.* 8. ve 9. Bölümler.
10. Londra (1933) 6. Bölüm, 2 Kısım ve 6. Bölüm, 4 Kısım.
11. 1927'de Werner Heisenberg tarafından geliştirildi.
12. *Bkz.* 7. Bölüm, 2. Kısım.
13. *Bkz.* 6. sonnot, Sir James Jeans, *Physics and Philosophy* [Fizik ve Felsefe] (Cambridge: The Cambridge University Press, 1943), 7. Bölüm, s. 216.
14. Erwin D. Canham, "The Twilight of Materialism" [Materyalizmin Şafağı], *The Christian Science Monitor* (11 Şubat, 1950).
15. *Bkz.* 8. ve 9. Bölümler.
16. *Bkz.* 9. Bölüm, 3. Kısım.
17. Alfred Landé, *Quantum Mechanics* [Kuantum Mekaniği] (New York: The Macmillan Co., 1951).
18. Henry Margenau, *The Nature of Physical Reality: A Philosophy of Modern Physics* [Fiziksel Gerçekliğin Doğası: Bir Modern Fizik Felsefesi] (New York: McGraw-Hill Book Co., Inc., 1950).
19. *Bkz.* 15. Bölüm, 1. Kısım.
20. William Henry Werkmeister, *The Basis and Structure of Knowledge* [Bilginin Temeli ve Yapısı] (New York: Harper and Brothers, 1948).
21. Niels Bohr, "Discussions with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics" [Atom Fiziğindeki Epistemolojik Meseleler Üzerine Einstein'la Tartışmalar], *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* [Albert Einstein: Filozof- Bilim İnsanı], editörü Paul A. Schlipp (New York: The Library of Living Philosophers, Inc., 1949, 1951), 7. Cilt, s. 209, 210.

22. Margenau, *age.*
23. *Bkz.* 8. Bölüm, 4. ve 5. Kısımlar.
24. Sir Arthur Eddington, *The Nature of the Physical World* [Fiziksel Dünyanın Doğası] (New York: The Macmillan Co., 1928), s.350.
25. Sir Arthur Eddington, *The Philosophy of the Physical Science* [Fiziksel Bilimin Felsefesi] (Cambridge: The Cambridge University Press, 1949).
26. Piskopos Fulton J. Sheen, *Philosophy of Religion, the Impact of Modern Knowledge on Religion* [Din Felsefesi, Modern Bilginin Din Üzerindeki Etkisi] (New York: Appleton-Century-Crofts, Inc., 1948), s. 148.
27. Nalini Kanta Brahma, *Causality and Science* [Nedensellik ve Bilim] (Londra: George Allen & Unwin, Ltd., 1939).
28. Auguste Valensin, "Du Libre Arbitre" [Özgür İstenç Üzerine], *Etudes Philsophiques* [Felsefi Araştırmalar] (Paris: Presses Universitaires, 1953), s. 16 vd.
29. Baruch Spinoza (1632-1677), Hollandalı Yahudi filozof. *Ethics* [Etik] 1666'da tamamlanmıştı ama daha sonra yayımlandı. 2. Bölüm, 48. Önerme. Çeviren R. H. M. Elwes (Londra: G. Bell & Sons, 1883-1884).
30. Sigmund Freud tarafından, *New Introductory Lectures on Psychoanalysis*'ten [Psikanaliz Üzerine Yeni Giriş Dersleri] yeniden yayımlanmıştır, çeviren W. J. H. Sprott, W. W. Norton & Company, Inc. ve The Hogarth Press, Ltd.'nin izniyle. Telif hakkı, 1933, Sigmund Freud.
31. Thomas Merton, *Seeds of Contemplation* [Derin Düşünce Tohumları] (Our Lady of Gethsemani Manastırı, 1949), Dell Company tarafından karton kapak yeni baskısı yapıldı.

11. Bölüm: Nedensel Yasalar

1. Bertrand Russell, "On the Notion of Cause" [Neden Kavramı Üzerine] makalesinde, *Mysticism and Logic* [Mistisizm ve Mantık] kitabında (New York: W. W. Norton & Company, Inc., 1929).
2. Hans Kelsen (1881-[1973]), Amerika'da yaşayan Avusturyalı avukat ve hukuk filozofu. Sosyolojik bir çalışma olan *Society and Nature*'ı [Toplum ve Doğa] yayımladı (Chicago: University of Chicago Press, 1943).
3. Russell, *age.*

4. Pierre-Simon Laplace (1749-1827). Olasılık kuramının ilk baskısı, *Theorie Analytique des Probabilities* [Olasılıkların Analitik Kuramı], 1812'de yapıldı. *Essai Philosophique* [Felsefi Deneme] adlı eseri, aynı konunun daha yaygın bilinen bir anlatımıdır. 1796'da, kendi gökyüzü mekaniği ve astronomi tarihinin popüler bir sunumu olan *Exposition du Systeme du Monde*'ü [Dünya'nın Sistemi] yayımladı. *Oeuvres Completes* [Bütün Eserleri] (Paris: Gauthier-Villars, 1878-1912).
5. Birinci Napolyon (1769-1821), Fransa İmparatoru. Bu olay, James Ward'ın *Naturalism and Agnosticism* [Natüralizm ve Bilinemezcilik] kitabında yer almaktadır (Londra: Macmillan & Co., Ltd., 1906), 1. Ders.
6. Philipp Frank, "Causality and Experience" ("Kausalgesetz und Erfahrung") [Nedensellik ve Deneyim] *Annalen der Naturphilosophie*, 6. Sayı (1907). İngilizce çevirisi Philipp Frank, *Modern Science and Its Philosohy*'de [Modern Bilim ve Felsefesi] (Cambridge: Harvard University Press, 1950).
7. Philipp Frank, *The Law of Causality and Its Limits* [Nedensellik Yasası ve Sınırları] (*Das Kausalgesetz und seine Grenzen* (Viyana: Julius Springer, 1932)).
8. *Age.*

12. Bölüm: Nedensellik İlkesi

1. Philipp Frank, *Modern Science and Its Philosohy* [Modern Bilim ve Felsefesi] (Cambridge: Harvard University Press, 1949), 1. Bölüm.
2. Philipp Frank, *Das Kausalgesetz und seine Grenzen* (*The Law of Causality and Its Limits*) [Nedensellik Yasası ve Sınırları] (Viyana: Julius Springer, 1932).
3. David Hume, *Enquiry Concerning Human Understanding* [İnsanın Anlaması Üzerine Bir Araştırma], 7. Kısım, 2. Bölüm.
4. Immanuel Kant, *Prolegomena to Any Future Metaphysics* [Gelecekteki Tüm Metafiziklere Giriş], İngilizce baskının editörü Paul Carus (Chicago: Open Court Publishing Company, 1902), s. 46.
5. Heinrich Rickert, *Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung*, (Limitations of the Conceptions of Natural Science) [Doğa Biliminin Kavramlarının Sınırlamaları], 2 Cilt (1896-1902).
6. *Bkz.* 3. Bölüm, 5. Kısım.

7. "Ergodic" kelimesi, Yunanca *ergos* (iş) ile *hodos* (yol) kelimelerinin birleşimidir. "Ergodik Teoremi", üzerinde sistemin yolu bulunan sabit enerjili bir yüzeye (ergodik yüzey) dairdir.

13. Bölüm: Bilimin Bilimi

1. John Stuart Mill (1806-1873), İngiliz filozof ve ekonomist. *System of Logic* [Mantık Sistemi] kitabı 1843'te basıldı.
2. William Whewell (1794-1866), İngiliz filozof ve bilim tarihçisi. *History of Inductive Sciences* [İndüktif Bilimlerin Tarihi] (1837) ve *Philosophy of Inductive Sciences* [İndüktif Bilimlerin Felsefesi] (1840) diye kitaplar yayımlamıştır.
3. *Bkz.* 1. Bölüm, 7. Kısım ve 2. Bölüm, 2. Kısım.
4. Francis Bacon, Baron Verulam (1561-1628). *Novum Organum Scientiarum* (*New Method of Scientific Discovery*) [Bilimsel Keşiflerin Yeni Yöntemi] kitabı 1620'de basıldı.
5. *Novum Organum*, 19. Aforizma, Thomas Fowler'in girişi ve notlarıyla (Oxford: The Clarendon Press, 1889).
6. *Age.*, 20. Aforizma.
7. *Bkz.*, 1., 3., 4., 5., 6. ve 7. Bölümler.
8. Curt John Ducasse (1881-[1969]), Brown Üniversitesi'nde ders veren Fransız filozof. *Philosophy as a Science* [Bir Bilim Olarak Felsefe] kitabı 1941'de basıldı.
9. "On Whewell's Philosophy" [Whewell'in Felsefesi Üzerine] makalesinde, *Philosophical Review*, 60 (1951).
10. En yerinde izlenimi verecek olan kitap, Whewell'ın küçük *Of Induction. With Especial Reference to Mr. J. S. Mill's System of Logic* [Tümevarım Üzerine. Bay J. S. Mill'in Mantık Sistemi'ne Özel Bir Atıfla] kitabıdır (Londra: 1849).
11. Johannes Kepler (1571-1630), Alman astronom ve matematikçi. Bu Kısımda Whewell ve Mill'in değerlendirdiği Kepler Yasası şöyle der: "Her gezegen, odak noktalarından birinde Güneş'in bulunduğu bir elips tanımlar."
12. *Bkz.* 3. Bölüm.
13. *Bkz.* 7. Bölüm, 7. sonnot.
14. "On Faraday's Lines of Force" [Faraday'ın Kuvvet Çizgileri] makalesinde (1855).
15. *Bkz.* 5. ve 6. Bölümler.

16. *Bkz.* 3. Bölüm, 5. Kısım.
17. *Bkz.* 5. Bölüm, 10. Kısım.
18. *The Nature of Thermodynamics* [Termodinamiğin Doğası] kitabında (Cambirdge: Harvard University Press, 1943).
19. *Age.* 1. Bölüm, s. 67.
20. Hans Reichenbach, *The Rise of Scientific Philosophy* [Bilimsel Felsefenin Doğuşu] (Berkeley: University of California Press, 1951), p. 230.
21. *Bkz.* Giriş, 10. sonnot.
22. *Age.*
23. John Herschel, *Discourse on the Study of Natural Philosophy* [Doğa Felsefesi Çalışmaları Üzerine Söylem] (1831).
24. *Erkenntnis und Irrtum* (*Knowledge and Error*) [Bilgi ve Yanılgı] kitabında, 3. Baskı, s. 318 vd.
25. İsveççe dergi *Theoria*, 19. Sayı (1953).
26. Hans Larsson, *Intuition* [Sezgi] (Stockholm: A. Bonnier, 1920).
27. Reichenbach, *age.*
28. Nelson Goodman'ın *Fact, Fiction and Forecast* [Olgu, Kurgu ve Öngörü] adlı küçük kitabında, tümevarımın yeni bir mantıksal analizi bulunmaktadır (Cambridge: Harvard University Press, 1955).

14. Bölüm: Kuramların Geçerlilik Kazanması

1. Hans Reichenbach, *Erkenntnis*, 5. Sayı, s. 277 vd.
2. Richard von Mises, *Positivism, An Essay in Human Understanding* [Pozitivizm, İnsanın Anlaması Üzerine Bir Deneme], çeviren Jeremy Bernstein and Roger Newton (Cambridge: Harvard University Press, 1951), s. 173.
3. "On the Probability of Hypotheses" [Hipotezlerin Olasılığı Üzerine] adlı bir makalede, *Journal of Unified Science*, 8. Sayı (1938), s. 151 vd.
4. Rudolf Carnap, "Inductive and Deductive Logic" [Indüktif ve Dedüktif Mantık], *Logical Foundations of Probability* [Olasılığın Mantıksal Temelleri] (Chicago: University of Chicago Press, 1950), s. 200. Telif hakkı, 1950, University of Chicago Press.
5. *Age.*, "The Usefulness of Inductive Logic" [Indüktif Mantığın Faydaları], 4. Bölüm, s. 349.
6. *Bkz.* 3 bölüm, 6. Kısım.
7. Carnap, *age.* 4. Bölüm, s. 253 vd.
8. *Bkz.* 3. ve 4. Bölümler.

9. Carnap, *age.*, 4. Bölüm, s. 254.
10. Richard von Mises, "Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung" [Olasılık Hesabının Temelleri], *Mathematische Zeitschrift*, 5. Sayı (1919).
11. Carnap, *age.*, 2. Bölüm, 10. Kısım, s. 32.
12. *Age.*
13. *Age.*, s. 30.
14. Richard von Mises, "Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung" [Olasılık Hesabının Temelleri], *Mathematische Zeitschrift*, 5. Sayı (1919).
15. Carnap, *age.*
16. *Age.*
17. Sir John Maynard Keynes (1883-1946), İngiliz ekonomist. İstatistiğin ekonomide kapladığı yerin büyüklüğü, Keynes'in matematiğe yönelmesine sebep oldu ve bu alanda özellikle olasılığın felsefi temelleriyle ilgilendi. *Treatise on Probability* [Olasılık Üzerine] adlı eseri 1921'de yayımlandı.
18. Harold Jeffreys (1891-[1989]), İngiliz astronom. Olasılık üzerine ilk makalesi *Philosophical Magazine*'de yer aldı (1919 ve 1920). *Scientific Inference* [Bilimsel Çıkarım] (Cambridge: Cambridge University Press, 1931) ve *Theory of Probability* [Olasılık Kuramı] (Oxford: Oxford University Press, 1939) başlıklı kitapları vardır.
19. "Okul felsefesinin tercih ettiği, "öznel" veya "mantıksal" olasılığın, olasılık ölçümü için eldeki olayın ortaya çıkma sıklığından farklı olacak bir temel araması boş bir çabadır." Richard von Mises, *Positivism, An Essay in Human Understanding* [Pozitivizm, İnsanın Anlaması Üzerine Bir Deneme], s. 166.
20. Carnap, *age.*
21. *Age.*, 4. Bölüm, s. 235.
22. *Age.*
23. David Hume, *Enquiry Concerning Human Understanding* [İnsanın Anlaması Üzerine Bir Araştırma], 4. Bölüm, 1. Kısım.
24. Hans Reichenbach, *The Rise of Scientific Philosophy* [Bilimsel Felsefenin Doğuşu], (Berkeley: University of California Press, 1951), 14. Bölüm, s. 239.
25. Jacob Bronowski (1908-[1974]), İngiliz bilim insanı, filozof, şair ve edebiyat eleştirmeni. *The Common Sense of Science* [Bilimin Ortakgö-

rüsü] adlı kitabı, çağdaş bilim felsefesine geniş, tarihi bir bağlamda, canlı ve kolay anlaşılır bir yaklaşım geliştirir (Cambridge: Harvard University Press, 1951).

26. "The Logic of Experiment" [Deneyin Mantığı], *Nature,* 171. Sayı (1953).

15. Bölüm: Yüksek Genelliğe Sahip Kuramlar

1. Arthur Compton, Amerikalı fizikçi. 1922'de Compton etkisini keşfetti, *Physical Review,* 21. Sayı (1923), s. 715 vd.
2. Erwin Schroedinger, Avusturyalı fizikçi. Dalga mekaniği üzerine ilk makalesi *Annalen der Physik*'te yayımlandı, 79. Sayı (1926). Çeviren James F. Shearer ve W. M. Deans, *Collected Papers on Wave Mechanics* [Dalga Mekaniği Üzerine Toplu Makaleler] (Londra ve Glasgow: Blackie & Son, 1928).
3. *Discussions with Einstein* [Einstein ile Tartışmalar]. *Bkz.* 9. Bölüm, 3. sonnot.
4. Vladimir Lenin, *Materialism and Empirio-Criticism* [Materyalizm ve Ampiryokritisizm] (New York: International Publishers, 1927).
5. Charles Sanders Peirce, 1897'deki bir yazısında, bilimin mantıksal yapısının diyadik ilişkiler halinde verilemeyeceğini, çünkü sadeleştirilemez "triadik" ilişkilere dayandığını ileri sürdü. *Collected Papers of C. S. Peirce* [C. S. Peirce'nin Toplu Makaleleri] (Cambridge: Harvard University Press, 1932), 2. Cilt, 2. Bölüm.
6. Peirce'e göre, mesela "bir işaret, biri için, bir bağlam veya durumda, bir şeyi simgeleyen bir şeydir," *age.,* 2. Cilt, 2. Bölüm, 228. Kısım.
7. Rudolf Carnap, *Foundations of Logic and Mathematics* [Mantık ve Matematiğin Temelleri] ve Charles W. Morris, *Foundations of the Theory of Signs* [Göstergeler Kuramının Temelleri], ikisi de *International Encyclopedia of Unified Science*'tan [Uluslararası Birleşik Bilim Ansiklopedisi] (Chicago: University of Chicago Press, 1955), 1. Cilt, 1. Bölüm.
8. *Bkz.* 2. Bölüm, 9. Kısım.
9. *Bkz.* 2. Bölüm, 1. Kısım.
10. Philipp Frank, "The Reasons for the Acceptance of Scientific Theories" [Bilimsel Kuramların Kabul Edilme Sebepleri], *Scientific Monthly,* 79. Sayı (Eylül, 1954).
11. *Bkz.* 2. Bölüm, 8. Kısım.
12. *Bkz.* 8. ve 9. Bölümler.

13. George Wald (1906-[1997]), Amerikalı biyolog. *Bkz. Scientific Monthly*, 79. Sayı, (1954).
14. George Gaylord Simpson (1902-[1984]), Amerikalı omurgalı paleontoloğu. *The Meaning of Evolution* [Evrimin Anlamı] (New Haven: Yale University Press, 1949). Daha sonra düşük fiyatlı bir Mentor Book olarak basıldı.
15. Lecomte du Nouy, *Human Destiny* [İnsanın Kaderi] (New York ve Londra: Longmans, Green & Co., 1947).

DİZİN

A

B

F

G

H

I-İ

J

K

N

O-Ö

P

R

S

T

U

Bilim ile felsefe, birbirlerinden bağımsız alanlarmışçasına varlıklarını sürdürürler. Üniversitelerdeki felsefe öğrencilerinden fizik veya matematik, fen bilimleri öğrencilerinden ise felsefe bilmeleri beklenmez. Peki, bilim ve felsefe gerçekten birbirlerinden bağımsız alanlar mıdır? Hep böyle ayrı ayrı mı var olmuşlardır?

Viyana Çevresi adıyla ünlenen, tarihin önemli bilim filozoflarını bir araya getiren topluluğun üyelerinden olan Philipp Frank, bu kitabında bize durumun hiç de öyle olmadığını gösteriyor. Frank'tan öğrendiğimiz kadarıyla, fizik veya geometri, kısacası genel olarak bilim, felsefi olmayan bir uğraş değildir. Bilimin çeşitli alanlarındaki büyük değişimleri değerlendirerek bize oldukça ilginç tarihsel bilgiler sunan Frank, bilim ile felsefenin aslında birbirleriyle iç içe geçmiş alanlar olduğunu anlatıyor. Bu iki büyük alan, zamanla ayrı ayrı uğraşlar gibi görünmeye başlamış olsa da aralarındaki bağ yok olmamış, yalnızca görünmez bir hal almıştır. Bilim ile felsefe arasındaki bağı anlamanın yolu ise Bilim Felsefesinden geçer.

Bilimin yalnızca kendisini değil, aynı zamanda uygarlığımızdaki yerini, etikle, politikayla ve dinle ilişkisini anlamak için doğa bilimlerini, felsefeyi ve beşeri bilimleri kapsayan tutarlı bir kavramlar sistemine ihtiyaç vardır. Bu tür bir sistem "bilim felsefesi" adını alır.

—P. Frank



internet satış:
saykitap.com

35 TL



SAY YAYINLARI

sayyayincilik.com
facebook.com/sayyayinlari
twitter.com/sayyayinlari
instagram.com/sayyayincilik